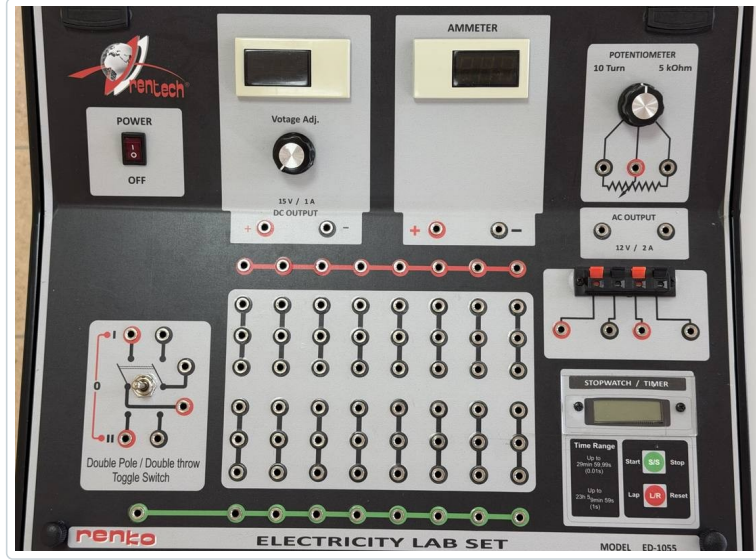




TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN FAKÜLTESİ · FİZİK BÖLÜMÜ



FİZ172

ELEKTRİK VE MANYETİZMA LABORATUVARI

Deney Föyü

Hazırlayan **Öğr. Gör. Fahrettin DOLAŞTIR**

İlk baskı Edirne, 2018

Bu sürüm 2026–2027 Güz



Her deneyin sanal deney tezgâhı, deney başlığındaki QR kodundan açılır.

Sanal laboratuvar

Bilim ve Bilimsel Etik

Bilim; Evrenin ya da olayların bir bölümünü konu olarak seçen, deneysel yöntemlere ve gerçekliğe dayanarak yasalar çıkarmaya çalışan düzenli bilgi sağlamaya yarayan bilgilerin tamamına bilim denir.

Kısaca bilim, doğru düşünme ve sistematik olarak bilgi edinme sürecidir.

“Bilimsel düşünce” bilim çerçevesinde düşünerek yeni fikirler üretmektir. Bilimsel düşünmek “analitik düşünmek” demektir.

Hikmet, kalemle kaimdir (atasözü).

Söz uçar yazı kalır (deyim).

Bilgi paylaştıkça çoğalır (deyim).

Yayınsız bilim ölüdür (Gerald Piel).

Bu sözler yayının önemini belirtirler.

Bir araştırmacının bilgi alırken; neyi, nereden ve nasıl olduğunu belirtmesine kaynak gösterme denir. Bunu yaparken ETİK KURALLARA kesinlikle uyulması gerekir.

“ETİK”, insanlar arasındaki ilişkilerin temelinde yer alan değerleri, ahlaki bakımdan iyi ya da kötü; doğru ya da yanlış olanın niteliğini ve temellerini araştıran felsefe dalı olarak tanımlanmaktadır. Yunanca ethos (töre, gelenek, alışkanlık) sözcüğünden türetilmiştir. Belirli ahlak değerlerinden ya da ilkelerinden oluşan sistemler veya kuramlar için de bu terim kullanılır. Birbiri ile çok yakından ilişkili olan “etik” ve “ahlak” kavramları arasındaki temel ayrım, etik teriminin, genel olarak ahlakı konu alan disiplini belirtmesidir.

Bilimsel düşünce, bilimin genel kurallarına uymanın yanı sıra problemlerin çözümüne yönelirken mutlak doğru sonucu elde etme ve uygulamaya koymada “etik” olmak zorundadır. Bu çerçevede, bilim alanında bilim etiği veya bilim ahlakı kuralları söz konusudur. Etik temellere dayanmayan bir bilimsel çalışma bilimin kurallarına tam olarak uysa bile elde edilen sonuç geçersiz olacaktır.

Yüzyıllar boyunca bilim ve bilimsel düşünce “sahte bilim” ve “karşıt bilim” olarak adlandırabilecek saldırıların hedefi olmuştur. Sahte bilim, bilim yapıyormuş gibi görünme veya bilimi kendi çıkarları için kullanmaya yönelik davranışlar ile karakterizedir. Her iki durumda da özellikle bilimi etik kurallar çerçevesinde uygulamamasıdır. Karşıt bilim ise bilime ve bilimsel düşünceye her koşulda karşı çıkmak, bununla yetinmeyip gerekirse her türlü bilimsel üretimi ve üreticileri olan bilim insanlarını baskı altına almak ve gerekirse hiç çekinmeksizin yok etmek davranışıdır.

Etik Kurallar

Bilimsel bilgi insanın çağdaşlaşması ve refah düzeyinin artması yolunda en etkili güçtür. Günümüz dünyasında gelişmiş olarak nitelendirdiğimiz ülkelerin tümü bilime ve bilimsel araştırmaya büyük yatırım yapmış ülkelerdir. Hatta bu ülkelerin gelişmişlik düzeyleri ile bilime yaptıkları yatırımın miktarı arasında doğru bir orantı vardır.

Bilimsel araştırma yapmanın amacı bilimsel bilgi elde edebilmektir. Bilimsel bilgi için araştırma yapmak merak ile başlar. Merak varsa çözülmesi gereken bir problem veya yanıt aranan bir soru var demektir. Bilimsel araştırmalar belirli kural ve disiplinler içinde sistematik olarak yürütülüp sonuçlandırılırlar.

Süreç çeşitli aşamalardan oluşur. Problemin veya yanıt aranan sorunun tanımlanması sürecin ilk aşamasını oluşturur. Bu aşamada daha çok konu hakkında bilgisi ve derin sezgisi olan, olay ve konular arasında bağlantı kurabilen kişiler problemi tanımlayabilir veya soruyu sorabilirler. Böylece hedeflenen

amaç da şekillenmiş olur. İkinci aşamada belirlenmiş olan amaca ulaşmak için disiplinli bir çalışma gerekir. Bu süreçte elde edilen verilere şüphe ile yaklaşmak ve sık sık değişik yollarla doğrulamaya gitmek sağlıklı bir sonuca ulaşılabilmesi için uyulması gereken kurallar arasındadır. Bilimsel araştırmanın bu aşaması çoğu zaman yardımcı elemanları veya konu ile ilişkili farklı disiplinlerden farklı araştırmacıları da içeren disiplinler arası veya multidisipliner çalışmayı da gerektirebilir. Üçüncü aşamada ise elde edilen verilerin doğru istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmesi, ulaşılan sonucun hedeflenen amacı doğrulayıp doğrulamadığının test edilmesi ve yayınlanıp yayınlanmayacağına karar verilmesidir. Bilimsel araştırma sürecini kısaca soru sorma veya sorunu tanımlayarak amaç belirleme, uygun yöntemleri kullanarak veri toplama veya veri oluşturma, verilerin analizi ve sonuçların yayınlanması başlıkları altında incelenir. Her bir aşama ile ilişkili etik kurallar farklılık gösterir. Bilimsel araştırma alanı sağlık bilimleri ile ilişkili ise burada deney hayvanları üzerinde gerçekleştirilen deneysel araştırmalar ile insan ekseni klinik araştırmaların etik anlamda bazı noktalarda kendilerine özgü farklılıkları olsa da her iki araştırma grubu için temel etik ilkeler aynıdır.

Bazı etik sorunlar

1. Başkasının fikrinden veya verilerinden esinlenilerek geçerli ve etkili bir hipotez oluşturulup hipotezin doğrudan kendine aitmiş gibi ortaya koyulması.
2. Bilimsel sorunun veya hipotezin o alana özgül yeterli deneyimi ve birikimi olan kişi veya kişilerce oluşturulmaması.
3. Daha önce hiç yapılmamış, ancak yapıldığında elde edilecek sonucun bilimsel anlamda önemli bir gelişme sağlamayacağı açık olan çalışmalar.
4. Örneğin, ilaç ile ilişkili alanda yeterli ve geçerli eğitime sahip olmayan bir sağlık bilimleri alanı çalışanının ilaç araştırmaları ile ilişkili doğrudan hipotez geliştirmesi ve çalışma planlaması.
5. Çalışmanın gerektirdiği etik kurul onayını almadan çalışmaya başlaması.
6. Çalışmanın gerektirdiği koşullara sahip olmayan ortam ve laboratuvarlarda çalışmayı yürütmesi.
7. Çalışmanın yürütüldüğü laboratuvarda yapılan tüm deneysel işlemlerin kayıt edilebileceği resmi bir laboratuvar defterinin bulunmaması.
8. Bir hipotezi sınyarak istatistikçe anlamlı ve geçerli bir sonuç elde etmesine ve bunu yayınlayabilecek durumda olmasına rağmen yayın aşamasında çalışmayı tekrar yapmaya gereksinim duyması.
9. Uygun istatistik kullanıldığında anlamsız çıkan ve hipotezin çürütülmesine neden olan bir sonucun, uygun olmayan bir istatistik kullanılarak anlamlı ve hipotezi destekler şekilde sunulması. Kısaca uygun olmayan istatistik analiz kullanılması.
10. Çalışmayı ucuza mal edebilecek yöntem veya donanımlar var iken daha pahalı olanların tercih edilmesi.
11. Elde edilen bilimsel bilgi sınyanan hipotezi desteklemiyor ve bu durum bilimsel bakımdan özgün bir değer ifade etmiyorsa sonuçların yayınlanması doğru değildir.
12. Bilimcinin insan sağlığını ilgilendiren önemli bir özgün veriyi çeşitli nedenlerle yayın için geciktirmesi veya yayınlamaması da etik değildir.

Araştırma etiğine uymama veya araştırma etiğini önemsememe ülkemiz insanların genel anlamda yasa ve kuralları algılama ve onlara uyma biçimi ile doğrudan ilişkilidir. Trafik kurallarına uyma biçimimiz, fay hattı üzerine bina inşa etme mantığımız ile bilimsel araştırma etiğine uyma biçimimiz ara-

sında temelde bir fark yoktur. Etik kusurlara neden olan davranış kalıbının temelinde şu yaklaşımlar yatmaktadır:

a) Bir şey olmaz abi mantığı Bunun nedeni analitik düşünemememizdir. Analitik düşüncenin ege-men olamamasının nedeni ise eğitim sisteminin ilkokuldan itibaren ezberci ve analitik düşünceden yoksun olmasının yanı sıra bilim felsefesi ve bilim tarihine eğitiminiz içinde fazla yer verilmemesidir. Kaderci ve kolaycı yaklaşımımız ve bu iki yaklaşımdan destek alan kurnazlığımız da bu mantığın olu-şumuna katkı sağlamaktadır.

b) İdare et abi mantığı Kurallara uymama sonucunda yakalanma söz konusu olursa bu mantık dev-reye girer. Ülkemiz bilimcisi yakalansa bile bir yolunu bulunup idare ettirmeyi mutlaka dener. Büyük bir olasılıkla da idare edileceğini bilir. Etik kurulların etik olmayan davranışları görmezden geldiği veya verdiği kararların arasında çelişkiler olduğu yolundadır.

c) Bir defadan bir şey olmaz mantığı Eğer etik ihlali olan kişi nüfuzlu ve önemli biri ise veya etik ihlali olan kişi için araya nüfuzlu ve önemli birileri girmişse bir sefer durumu görmezlikten gelmenin bir sakıncası yoktur. Yasa, yönetmelik, yönerge ve kural vb. nesnelerin bir kere delinmesinden bir şey olmaz.

Çözüm Önerileri

Bilimsel araştırma etiği konusunda ortaya çıkan ve giderek artan sorunların çözümü için yapılması ge-rekenler ve öneriler şöyle sıralanabilir:

- 1) Ülke çapında bilimi ve bilimsel düşünceyi tümüyle özgür kılacak, genç kuşaklara bilim insanı kim-liğini benimsetecek ve bilimsel araştırmaları özendirecek bir eğitim reformu yaparak analitik ve eleştirel düşünceye önem veren bir eğitim sistemi kurulmalıdır.
- 2) Bilime ve bilim etiğine saygılı bir toplum bilinci yerleştirilmelidir. Bunun için etik eğitimi ve bilinci daha ilkokulda vermeye başlanmalıdır.
- 3) Bilimsel araştırma laboratuvarlarına mühürlü ve denetime açık laboratuvar defteri kullanma zo-runluluğu getirilmelidir.
- 4) Etik ihlaller görmezden gelinmemeli, etik kurullar duyarlı ve etik bilinci yüksek üyelerden oluşturu-lmalıdır. Etik kurulların verdiği kararlar arasında çifte standart olmamalıdır.
- 6) Yerel etik kurulların çalışmaları sıkı denetlenmeli, çifte standartlı karar alınması veya açık kanıt-lara rağmen etik kusur bulunamaması durumunda şikâyet üzerine bu etik kurullarda çalışanlara yaptırım uygulanabilecek yasal düzenlemeler yapılmalıdır.
- 7) Yeterli ve geçerli hipotez oluşturup uygun yöntemlerle araştırma yapabilecek bilim insanları ye-tiştirilmesine önem verilmelidir. Bunun için ülkemizdeki bilim insanının niteliği ve görüntüsü düzeltilmelidir. Akademik aşamalarda liyakat ve etik değerlere saygı ön plana çıkmalıdır.

Kaynak

Prof. Dr. Tayfun UZBAY

Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı

Laboratuvar Güvenlik Kuralları ve Genel Prensipler

- Acil durumlarda iletişim bilgileri, ilk yardım uygulamaları ve acil çıkış yerleri bilgilerine sahip olun.
- Laboratuvar sorumlusundan izin almadan laboratuvara girmeyin.
- Laboratuvarda mutlaka uzun laboratuvar önlüğü ile önü ilikli olacak şekilde çalışın.
- Saçınız uzun ise mutlaka toplayın veya yanmaz bone içine alın.
- Takı ve aksesuarlarınızı çıkartın.
- Laboratuvar ortamında çalışırken elinizde kesik, yara ve benzeri durumlar varsa bunların üzerini su geçirmez bir bantla kapatın.
- Laboratuvarda yiyecek/içecek tüketmeyin ve gıda malzemelerini bulundurmayın.

Laboratuvarda Çalışırken

- Laboratuvarda ellerinizi yüzünüze sürmeyin, ağızınıza herhangi bir şey almayın.
- Laboratuvar sorumlusunun izni olmadan hiçbir madde ve/veya malzemeyi laboratuvardan dışarı çıkarmayın.
- Laboratuvarda meydana gelen problemleri laboratuvar sorumlusuna bildirin.
- Kullanıldıktan sonra her bir eşya, alet veya cihazı yöntemine uygun biçimde kapatın, temizleyin ve yerlerine kaldırın.
- Atılacak katı maddeleri çöp kutusuna atın.
- Çalışma bittikten sonra ellerinizi sabunla, gerektiğinde de antiseptik bir sıvı ile yıkayın

Elektrikli Cihazlarla Çalışırken

- Elektrikle uğraşırken eller, elektrik düğmeleri ve prizleri kuru olmalıdır.
- Gerektiği durumlar hariç çalışma öncesi elektriksel cihazların güç düğmesinin kapalı ve fişinin prizde olmamasına dikkat edin.
- Elektrik fişlerini kordonundan çekerek çıkarmayın.
- Eğer bir devre elemanı yanarsa ortaya çıkan dumanı teneffüs etmeyin. Özellikle tümleşik devre elemanları toksik malzemeler içerdiğini unutmayın.
- Eğer bir ekipman çalışırken bozulursa, hemen laboratuvar sorumlusuna veya öğretim görevlisine haber verin. Kendinize zarar vermemek için sorunu asla kendiniz çözmeye çalışmayın.
- Yüksek gerilim cihazını çalıştırmadan önce izin alın.
- Uzatma kabloları kullanmaktan kaçının. Eğer mutlaka kullanmanız gerekiyorsa, uzatma kablolarını topraklı ve sigortalı prize takınız. Uzatma kablolarını, kapıların altından ve pencerelerden geçirmeyin, tavana asmayın veya diğer uzatma kablolarına takmayın.

- Bir yüksek gerilim cihazını ayarlarken sadece tek el kullanın. Diğer eliniz cebinizde veya arkanızda olsun. Bu prosedür, yüksek gerilimin bir kolunuzdan vücudunuza ve diğer kolunuza akmasını engeller.
- Elektrikli cihazların topraklanmış olduğundan emin olun.

Kimyasallar ile çalışılırken

- Cilde veya göze kimyasal madde sıçraması halinde bol su ile yıkanmalı
- Giysilerin ateş alması durumunda asla koşulmamalı; yerde yuvarlanarak alev söndürülmeye çalışılmalı ve yardım istenmelidir.
- Laboratuvarda olabilecek kimyasal yanıklar önce bol su ile yıkanmalı, ağrı azalıncaya kadar temiz soğuk su veya dolaylı olarak buz tatbik edilmeli
- Kesik veya kanamalarda; yara ve etrafı temizlenip üzeri gazlı bezle kapatılır. Kanamanın şiddetine göre gevşek ya da sıkı bir tamponla basınç uygulama yoluna gidilir.
- Kimyasallardan kaynaklanan cilt yanıklarında, kimyasal bulaşmış giysiler, ayakkabılar derhal çıkarılmalı; cilt bol suyla en az 15 dakika yıkanmalıdır, yaraya merhem / sprej vb. bir uygulama yapılmamalıdır, yanığın üzerine fazla bastırılmadan sterilize edilmiş bandaj (bulunmuyorsa temiz bir bez) örtülmelidir, Yanığın boyutları büyükse acil yardım çağrılmalıdır.
- Kimyasalın solunum yolu ile alınması sonucu oluşan zehirlenmelerde, bulunulan alan boşaltılıp, yaralının temiz hava alması sağlanmalıdır, sağlık kuruluşu ile temasa geçilmelidir

Elektrik Çarpmalarında İlk Yardım Bilgileri

- Elektriği kesmek için sigortaları kullanın
- Elektrik akımını iletmeyecek kuru bir cismin üzerine çıkın
- Elektrik çarpan kişinin yakınındaki kablo gibi iletkenleri, yalıtkan bir çubukla uzaklaştırın
- Hastayı giysilerinden çekerek bölgeden uzaklaştırın
- Hasta hâlâ nefes alıp vermiyorsa ve nabızı yoksa solunum yardımı ve kalp masajına girişiniz.
- Gerekiyorsa, doktor gelene kadar suni teneffüs uygulanabilir.

Giriş

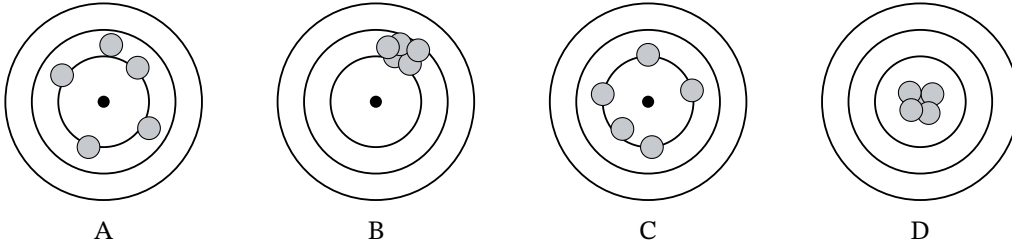
Hata Hesapları, Grafikler, Raporlar ve Deney Seti

Ölçmedeki Belirsizlik ve Hata Hesaplamaları

Hiçbir fiziksel nicelik (büyüklük) kusursuz bir kesinlikle ölçülemez. Bu, bir büyüklüğü ölçtüğümüzden sonra ölçümü tekrarladığımızda neredeyse kesinlikle öncekinden farklı bir değer ölçeceğimiz anlamına gelir. O halde fiziksel büyüklüğün “gerçek” değerini nasıl bilebiliriz? Bunun kısa cevabı “bilemeyiz”dir. Bununla birlikte, eğer ölçümlerimizde çok büyük bir dikkat gösterirsek ve daha etkin sonuçlar veren deneysel teknikler kullanırsak, hataları azaltabilir ve bu şekilde ölçümlerimizin gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiğine dair güvenimizi artırabiliriz. Fiziksel ölçümlerdeki belirsizliklerde kullanılan hata hesaplamaları (analizi) çok geniş kapsamlı bir konudur. Biz burada, ancak bazı temel tanım ve prensipleri öğrenecek ve sonraki deneysel çalışmalarımızda kullanacağız.

Anlamli Sayılar: Ne zaman bir ölçüm yaptığımızda, yazdığımız sonucun anlamli hanelerinin sayısı, ölçümümüzdeki hata sınırları hakkında bir ipucu verir. Örneğin, bir cismin uzunluğunun 3 farklı kişi tarafından ölçüldüğünü ve sırasıyla; 0.428 m, 0.4 m ve 0.42819 m olarak yazıldığını varsayalım. Bu rakamlarda, ölçülen değerlerdeki belirsizlikler, daha sonradan öğreneceğimiz şekliyle açıkça ifade edilmemiştir. Bu durumda, belirsizliğin seviyesini en sondaki (sağ) haneden tahmin ederiz. İlkinde (0.428 m) ölçmedeki belirsizlik 0.001 m civarındadır. Bu belirsizlik, ikincisinde 0.1 m, üçüncüsünde ise 0.00001 m olacaktır. Gerçekte en bilimsel olan, böyle bir sonuç verilirken, anlamli rakam sayısına uygun bir hata tahmini hesaplanıp ayrıca sonucun yanına yazılmasıdır. Örneğin, 0.428 ± 0.023 m gibi. Bu gerçek sonucun 0.405 ile 0.451 arasında bir yerde olacağını belirtir. Buradaki anlamli hane sayısı 3’tür. Eğer yapılan hata hesabı sonucu hata miktarı ± 0.20 m olarak hesaplanabilmiş olsaydı (2 anlamli hane), sonucu yuvarlayarak, 0.43 ± 0.20 m olarak ifade etmemiz gerekirdi. Ayrıca, kabaca bir yaklaşımla, bir aritmetik işleme tabi tutulan 2 veya daha fazla sayının verdiği sonuçtaki anlamli hane sayısı, hesaplamada kullanılan en az sayıda anlamli rakama sahip sayınıniki kadar olabilir. Örneğin kenarları 13.5 ve 4.7 cm olan bir dikdörtgenin alanı için $13.5 \times 4.7 = 63.45 \text{ cm}^2$ kullanmak uygun değildir. Bu sonuç hatanın 0.01 mertebesinde olduğunu belirtir, oysa ki işleme giren sayılardaki hata 0.1 hassasiyetindedir. Yani, ölçüm değerleri 13.4 ve 4.6’dan 13.6 ve 4.8’e kadar değişebilir. Bunlar çarpılırsa, hesaplanan alanın da 61.64’ten 65.28’e kadar değiştiği görülür. Bu yüzden sondaki iki hane anlamsızdır ve sonuç 63 cm^2 olarak ifade edilmelidir.

Ölçmede Hassasiyet (precision) ve Doğruluk (accuracy): Hassasiyet bir ölçümün tekrarlanabilirliğinin ölçüsüdür. Yani, aynı büyüklüğü ardı ardına defalarca ölçtüğümüzde her seferinde birbirine çok yakın sonuçlar çıkıyorsa, bu çalışmadaki hassasiyetin yüksek olduğu anlaşılır. Doğruluk ise, bir ölçümün gerçek değere yakınlığının ölçüsüdür. Aşağıdaki temsili hedef işaretleri gösteriminde, hedefin ortasının, “gerçek değeri” temsil ettiğini düşünün. Bu durumda; hedef A’daki çalışma, hem hassas hem de doğru olmayan bir duruma karşılık gelir. Hedef B, oldukça hassas (tekrarlanabilir) ancak doğrulukta uzaktır. Hedef C’nin ortalaması doğru sonucu vermesine rağmen hassas değildir. D ise, laboratuvar-da elde etmek istediğimiz gibi hem hassas hem de doğrudur.



Hata (error): Bir niceliğin ölçülen değeri ile gerçek değeri arasındaki farktır. Hataların ortaya çıkma nedenleri; kaba hatalar, sistematik hatalar ve rastgele hatalar olarak üç kategoriye ayrılabilir. Ölçülen bir büyüklükteki hatalar, farklı tipteki hataların karışımı olduğu zaman bunları birbirinden ayırmak zordur. Ayrıca, ifade şekillerine göre bunları, mutlak hata ve bağıl hata olarak iki kategoriye de ayırabiliriz: Bir ölçümdeki mutlak hata, ölçülen büyüklüğün değerindeki belirsizliktir ve ölçülen büyüklükle aynı birime sahiptir. Örneğin bir uzunluğun 0.428 ± 0.002 m olarak ifade edilmesi durumunda, buradaki 0.002 m bir mutlak hatadır. Bağıl hata (oransal hata da denir) ise, ölçülen büyüklükteki mutlak hatanın, ölçüm değerine bölünerek sonucun yüzdelik olarak ifade edilmesidir ve birimsizdir. Yani $(0.002/0.428) \times 100 = \%0.467$ değeri önceki uzunluk ölçümünün bağıl hatasıdır. Bağıl hata genellikle mutlak hatadan daha etkilidir. Örneğin, kaykay tekerleğinin çapının ölçümündeki 1 mm'lik hata, kamyon lastiğinin ölçümündeki 1 mm'lik hatadan daha ciddidir. Şimdi, hata nedenlerine ve düzeltmek için neler yapılabileceğine bakalım:

Kaba (Büyük) Hatalar: Deneycinin dikkatsizliğinden ve ekipman arızalarından kaynaklanır. Alınan bir seri ölçümde, ortalamadan çok uzak olan bu tip noktalar elimine edilerek kalan veriler kullanılabilir.

Sistematik Hatalar: Bu tür hatalar deneyde kullanılan aygıtlardan veya gözlemciden kaynaklanır. Aygıt hataları; sistemin ve kullanılan aygıtın kendisinden oluşur. Genellikle bu hata, aynı şekilde yapılan ölçmeleri etkileyen sabit bir hatadır. Artan sıcaklığın veya kötü kalibrasyonun (aletin doğruluk ayarı) etkisiyle sürekli olarak aynı yön ve karakterde gerçek değerinden uzaklaşan sonuçlar alınabilir. Örneğin; kötü bir biçimde ayarlanmış bir hava masası böyle bir hataya sebep olabilir. Bu kategoride, gözlemciden kaynaklanan hatalara ise “kişisel hatalar” denir. Ölçeği yanlış okuma, dikkatsizlik ve araçları kullanma yetersizliği bu tür hatalara örnek olarak gösterilebilir. Sonuçların tekrar gözden geçirilmesi ve deney araçlarının yeniden uygun bir şekilde yerleştirilip kalibre edilmesiyle (ayarlanmasıyla) sistematik hatalar minimuma indirilebilir.

Rastgele (Tahmin edilemeyen) Hatalar: Rastgele hatalar, sistemdeki kontrol edilemeyen dalgalanmalardan ortaya çıkar. Örneğin, öğrencilerin laboratuvar kapılarını açıp kapamaları sırasında meydana gelen hava dalgalanmaları, basınç ölçümü değerlerinde değişimlere yol açabilir. İşaret ve değerleri önceden bilinemez ve herhangi bir doğrudan düzeltme yapılması imkânsızdır. Ancak ölçülecek bir büyüklüğün değeri belirtilirken, rastgele hatanın büyüklüğü tahmin edilebilir. Bir büyüklük için pek çok ölçüm yaptığımız takdirde, ortalama değeri, en iyi sonuç olarak kabul edebiliriz. Ölçmelerin oluşturduğu dağılım ise bize belirsizliğin veya deney hatasının bir ölçüsünü verir. Şimdi bu belirsizliklerin nasıl hesaplanabileceğine bakalım:

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ fiziksel bir büyüklük için yapılmış n adet ölçmelerin sonuçları olsun. Bu durumda;

Ortalama Değer (En Olasılıklık Değer):

$$\bar{x} = (x_1 + x_2 + \dots + x_n)/n$$

ifadesi, bu ölçmelerin ortalamasını yani en olasılıklık değeri verir.

Görünen Hata (Sapma): Bir seri ölçüm içindeki tek bir ölçümün (x_i), ortalama $\bar{x}$ değerinden sapması ise görünen hata olarak adlandırılır ve;

$$d_i = x_i - \bar{x} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

şeklinde ifade edilir. Bir başka deyişle, görünen hata, tek bir ölçmenin en olası değere göre düzeltilmesidir. Bir seri ölçüm sonrası her bir ölçüm için elde edilen görünen hataların cebirsel toplamı 0 olmalıdır ($\sum d_i = 0$).

Ortalama Sapma: Görünen hataların mutlak değerlerinin basit aritmetik ortalaması, ortalama sapma olarak adlandırılır;

$$\Delta \bar{x} = \pm \frac{|d_1| + |d_2| + \dots + |d_n|}{n}$$

Küçük değerli bir ortalama sapma, ölçüm verilerinin iyi bir hassasiyetle ortalama etrafında kümelendiklerine işaret eder.

Bağıl Ortalama Sapma: Ortalama sapmanın ortalama değere bölünerek yüzde şeklinde ifadesidir.

$$r = \frac{\Delta \bar{x}}{\bar{x}} \times 100$$

Standart Sapma: Sapmanın “kare ortalama karekök” değeri standart sapma olarak isimlendirilir ve,

$$\sigma = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2}{n - 1}}$$

şeklinde sigma (σ) harfi ile ifade edilir. Standart sapma, her bir ölçüm sonucunun ortalama değerden ne kadar saptığının bir göstergesidir. Ölçüm sayısı fazlaysa (5-10 ölçümden daha fazla) sonucu ifade etmek için genellikle ortalama sapma yerine standart sapma kullanılır.

DeneySEL Ölçüm Sonucunun İfadesi: Örneğin, x -büyüklüğünün ölçümüne dayanan bir deneysel çalışma sonrası, elde edilen sonuç iki kısımdan oluşur. Birincisi, elde edilen en iyi sonuçtur ki bu genellikle ortalama değerdir ($\bar{x}$). İkincisi ise, hesaplanan sapma değeridir. Bu da genellikle standart sapma ile ifade edilir. Böylece sonuç;

$$x = \bar{x} \pm \sigma$$

olarak gösterilir.

Bazı deneyler için çok sayıda ölçme yapmak mümkün olmayabilir. Bu durumda oluşabilecek en büyük hatayı tahmin etmek gerekir. Mesela, uzunluk ölçmek için, üzerindeki en küçük ölçek aralığının 1 mm olduğu bir cetvel kullandığımızı ve $L=15.25$ cm’lik bir uzunluk ölçümü yaptığımızı kabul edelim. Bu durumda tahmin edebileceğimiz en küçük aralık ya da oluşabilecek en büyük hata (mutlak hata) $\Delta L=0.5$ mm’dir (iki çizgi arası mesafenin yarısı). Yani, eğer herhangi bir şeyi L olarak ölçtüyseniz ve mümkün olan en büyük hata ΔL ise, L ’nin gerçek değeri ($L + \Delta L$) ile ($L - \Delta L$) arasında bir yerdedir ve bu örnek için sonuç, $L=15.25 \pm 0.05$ cm şeklinde verilmelidir. Burada ayrıca bir de bağıl hatadan söz edilebilir. Tanım olarak, mutlak hatanın ölçülen değere oranı olarak ifade edilir ve boyutsuzdur. Örneğimizdeki bağıl hata $\Delta L/L=0.05/15.25=0.003$ veya %0.3 olacaktır.

Dijital (sayısal) göstergelerdeki okuma hatası, $\pm$ en sağdaki hane / 2 kadar olacaktır. Örneğin, bir dijital voltmetrenin göstergesinde 5.125 V görünüyorsa, sonuç 5.125 ± 0.0005 V şeklinde ifade edilir. Aşağıda, analog ve dijital ölçü aletlerine ait görüntüler ve okunabilecek değerler gösterilmiştir.



Ω değeri: $5.5 \pm 0.5 \Omega$
 DCV değeri: $220 \pm 2.5 V$
 ACV değeri: $44 \pm 0.5 V$
 mA değeri: $8.8 \pm 0.1 mA$
 db değeri: $21 \pm 0.5 db$



1.4 ± 0.05 (birim)

1.58 ± 0.005 (birim)

1.602 ± 0.0005 (birim)

Örnek: Bir L mesafesi 7 kez ölçülmüş ve aşağıdaki değerler elde edilmiştir.

Ölçüm No	1	2	3	4	5	6	7
Değer (m)	125.165	125.162	125.166	125.160	125.161	125.163	125.164

Ortalama değer,

$$\bar{x} = \frac{125.165 + 125.162 + 125.166 + 125.160 + 125.161 + 125.163 + 125.164}{7} = 125.163$$

Her bir ölçüm için sapma (görünen hata) değerlerini mm cinsinden tablomuza 3. satır olarak ekleyelim;

Ölçüm No	1	2	3	4	5	6	7
Değer (m)	125.165	125.162	125.166	125.160	125.161	125.163	125.164
$d_i = x_i - \bar{x}$ (mm)	2	-1	3	-3	-2	0	1

Bu değerlerin toplamlarının beklendiği gibi 0 verdiğine dikkat edin, böylece olası bir işlem hatasının önüne geçilebilir. Şimdi, ortalama sapmayı ($\Delta\bar{x}$) bulmak için, önce d_i 'lerin mutlak değerlerini toplayarak 12 buluruz. Böylece, $\Delta\bar{x} = \pm \frac{12}{7} = \pm 1.7$ mm bulunur. Şimdi standart sapmayı hesaplayabiliriz;

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{4 + 1 + 9 + 9 + 4 + 0 + 1}{6}} = \pm 2.16 \text{ mm}$$

O halde ölçülen L mesafesi için en doğru sonuç: $L = 125.163 \pm 2.16 \times 10^{-3}$ m olarak ifade edilecektir.

Çok Değişkenli Fonksiyonlar İçin Hata Hesabı: Eğer bir büyüklüğün ölçülmesindeki hatayı tayin edebilirsek; bu niceliğe bağlı başka bir değişken için, sonuçtaki hatanın değerini hesaplamak kolay bir iş olacaktır. Mesela; x 'i mümkün olabilecek en büyük Δx hatası ile ölçersek, x 'e bağlı bir r fonksiyonundaki $[r = f(x)]$ en büyük hatayı,

$$\Delta r = |f(x + \Delta x) - f(x)| \quad (1)$$

eşitliği yardımıyla kolayca hesaplayabiliriz. Bu eşitlik r 'nin gerçek değerinin $(r + \Delta r)$ ile $(r - \Delta r)$ arasında olduğunu göstermektedir. Eğer sonuç sırasıyla Δx , Δy ve Δz gibi mümkün olabilecek en büyük hatalara sahip x , y ve z değişkenlerine bağlı ise; $r = f(x, y, z)$ ve

$$\Delta r = |f(x + \Delta x, y, z) - f(x, y, z)| + |f(x, y + \Delta y, z) - f(x, y, z)| + |f(x, y, z + \Delta z) - f(x, y, z)| \quad (2)$$

eşitlikleri yazılabilir.

Aşağıda bileşik sonuçlara ait bazı hata formülleri verilmiştir. Burada x ve y ölçmelerinin sırasıyla Δx ve Δy hatalarına sahip olduğu kabul edilmiştir.

Toplama: Eğer $r = x + y$ şeklinde ise, r 'de mümkün olabilecek en büyük hata, $\Delta r = \Delta x + \Delta y$ formülü yardımıyla hesaplanabilir. Bu sonuç denklem (1) ve (2) kullanılarak elde edilebilir.

Çıkarma: Eğer $r = x - y$ şeklinde ise, r 'de mümkün olabilecek en büyük hata,

$$\Delta r = \Delta x + \Delta y$$

formülü yardımıyla hesaplanabilir. Çünkü hatalar birbirini yok etmeyip üst üste eklenirler.

Çarpma: Eğer $r = xy$ şeklinde ise, $\Delta r = (\Delta x)y + x(\Delta y)$ 'dir. Bunun her iki tarafı $1/r$ ile çarpılırsa,

$$\frac{\Delta r}{r} = \frac{(\Delta x)y}{xy} + \frac{x(\Delta y)}{xy} \quad \frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y}$$

eşitliği elde edilir. Burada sonucun $r \pm \Delta r$ şeklinde ifade edilmesi gerektiğine dikkat etmek gerekir. $r \pm \Delta r/r$ şeklinde ifade etmek yanlıştır.

Üstel: n 'nin herhangi bir sayı olması şartı ile $r = x^n$ ise r 'deki bağıl hata,

$$\frac{\Delta r}{r} = n \frac{\Delta x}{x}$$

formülünden yararlanarak bulunabilir.

Trigonometrik fonksiyonlar: Eğer $r = \sin x$ ise, r 'de mümkün olabilecek en büyük hata, $\Delta r = \sin(x + \Delta x) - \sin x$ şeklindedir.

Yukarıdaki işlemler sadeleştirildiği takdirde oldukça basit bir hale gelir. Mesela, denklem (2) bu yolla,

$$\Delta r = \left| \frac{\partial f}{\partial x} \Delta x \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial y} \Delta y \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial z} \Delta z \right|$$

şeklinde ifade edilebilir.

Bilimsel çalışmalarda mümkün olan en büyük hata yerine k.o.k. (kare ortalaması karekökü) hatası kullanılır. Bu sebeple bilimsel çalışmalarda,

$$\Delta r = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x} \Delta x \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \Delta y \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z} \Delta z \right)^2}$$

eşitliği kullanılır.

Örnekler:

$$1. (2.0 \pm 0.2) - (1.0 \pm 0.1) + (3.0 \pm 0.3) = 4.0 \pm ?$$

$$= (2.0 - 1.0 + 3.0) \pm \sqrt{0.2^2 + 0.1^2 + 0.3^2} = 4.0 \pm 0.4$$

$$2. \frac{(2.0 \pm 0.2) \times (1.0 \pm 0.1)}{(3.0 \pm 0.3)} = \left(\frac{2.0 \times 1.0}{3.0} \right) \pm ?$$

$$\left(\frac{2.0 \times 1.0}{3.0} \right) \pm \left(\frac{2.0 \times 1.0}{3.0} \right) \sqrt{\left(\frac{0.2}{2.0} \right)^2 + \left(\frac{0.1}{1.0} \right)^2 + \left(\frac{0.3}{3.0} \right)^2} = 0.67 \pm 0.12$$

Grafik Çizimi

Deneylerde ölçülen büyüklükler arasındaki ilişkiyi en kolay grafik gösterir. İyi çizilmiş bir grafikten hem ilişkinin biçimi (doğrusal mı, üstel mi) görülür hem de eğim ve kesişim gibi değerlerden fiziksel bir büyüklük (hız, ivme, yay sabiti, zaman sabiti vb.) hesaplanır. Ölçümlerden birinin hatalı olduğu da çoğu zaman ilk kez grafikte fark edilir. Bu bölümde laboratuvarda çizeceğiniz grafikler için uymanız gereken kurallar ve eğim hesabı anlatılmaktadır.

Grafik Çiziminde Dikkat Edilmesi Gerekenler

Deney grafikleri elde edilen sonuçlara bağlı olarak milimetrik veya logaritmik kağıtlara çizilmelidir. Çizimlerde kesinlikle tükenmez kalem kullanılmamalıdır. Grafik eksenleri, çizimi en açık ve kağıt üzerinde en geniş şekilde gösterecek biçimde ölçeklendirilmelidir. Her bir deneysel veri, kağıt üzerinde $\blacklozenge$ • * + gibi sembollerle işaretlenmelidir. Ancak noktalardan eksenlere çizgilerle taşınmamalıdır. Sadece grafik üzerindeki bazı özel veya anlamlı noktalar çizgilerle yan eksenlere taşınarak değerleri eksenler üzerinde belirtilir. Deney veya hesap verilerini temsil eden noktalar üzerinden geçen ortalama bir eğri ya da düz çizgi çizilmelidir. Her noktadan geçen kırıklı çizgiler kullanılmamalıdır. Grafik eksenlerinin ve çizilen grafik eğrisinin isim ve birimleri bunların yanına yazılmalıdır. Birden fazla eğri içeren grafiklerde farklı renklerde ve/veya sembollerde gösterimler kullanılmalı ve her bir eğrinin kime ait olduğu diğerleriyle karışmayacak biçimde ifade edilmelidir.

Kağıt seçimi

- **Milimetrik kağıt:** Değişkenler arasındaki ilişki doğrusal ise ya da uygun bir dönüşümle doğrusal hale getirilebiliyorsa (aşağıya bakınız) kullanılır. Laboratuvardaki grafiklerin çoğu milimetrik kağıda çizilir.
- **Yarı logaritmik kağıt:** Eksenlerden birinde değerler birkaç onluk boyunca değişiyorsa (örneğin frekans 10 Hz'den 100 kHz'e kadar) ya da ilişki üstel ise ($y = A e^{kx}$) kullanılır. Üstel bir ilişki yarı logaritmik kağıtta doğru olarak görünür.
- **Logaritmik (log-log) kağıt:** Her iki değişken de birkaç onluk boyunca değişiyorsa ya da ilişki kuvvet biçiminde ise ($y = k x^n$) kullanılır. Bu kağıtta doğrunun eğimi doğrudan n 'yi verir.

Eksenler ve ölçek

- Bağımsız değişken (deneyde sizin ayarladığınız büyüklük, örneğin zaman) yatay eksene, bağımlı değişken (ölçtüğünüz büyüklük, örneğin konum) düşey eksene yazılır.
- Ölçek, verilerin kağıdın en az yarısını kaplayacağı biçimde seçilir. Bir santimetreye 1, 2 veya 5 birim (ya da bunların 10'un kuvvetleriyle çarpımı) karşılık gelmelidir. 3 veya 7 gibi ölçekler ara değerlerin okunmasını zorlaştırır.
- Eksenlerin sıfırdan başlaması gerekmez. Ancak kesişim noktası (örneğin $t = 0$ anındaki konum) okunacaksa sıfır da ekseninde yer almalıdır.
- Her eksenin yanına büyüklüğün adı ya da sembolü ve birimi yazılır: " x (cm)", " t (s)", " T^2 (s²)" gibi. Kalın çizgilerin yanına okunaklı sayılar konur; her çizgiye sayı yazmak gerekmez.

Veri noktalarının işaretlenmesi

Noktalar ucu sivri bir kurşun kalemle küçük ama belirgin sembollerle işaretlenir. Ölçüm hataları biliniyorsa her noktaya düşey ($\pm\Delta y$) ve gerekiyorsa yatay ($\pm\Delta x$) hata çubukları çizilir. Aynı grafikte birden fazla ölçüm serisi varsa her seri farklı bir sembole gösterilir ve hangi sembolün hangi seriye ait olduğu grafiğin üzerinde belirtilir.

En iyi doğrunun (eğrinin) çizilmesi

Noktalar birbirine kırık çizgilerle bağlanmaz. Doğrusal bir ilişkide, noktaların genel gidişini en iyi temsil eden tek bir doğru çizilir: noktaların yaklaşık yarısı doğrunun üstünde, yarısı altında kalmalı ve doğru hata çubuklarının çoğunu kesmelidir. Bu doğru noktaların hiçbirinden geçmeyebilir; bu bir hata değildir. Diğer noktalardan belirgin biçimde ayrılan bir nokta varsa önce ölçüm tekrarlanır; tekrar edilemiyorsa nokta grafikte gösterilir ama doğru çizilirken dikkate alınmaz ve bu durum raporda belirtilir. Doğrusal olmayan bir ilişkide noktaların arasından geçen düzgün bir eğri çizilir.

Eğim ve kesişimin bulunması

Eğim, *çizdiğiniz doğru üzerinde* birbirinden olabildiğince uzak iki nokta seçilerek hesaplanır. Bu noktalar veri noktaları olmamalıdır, çünkü veri noktaları doğrunun üzerinde olmayabilir. Seçilen noktalar (x_1, y_1) ve (x_2, y_2) ise

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

olur. Eğimin birimi, düşey eksenin biriminin yatay eksenin birimine oranıdır (örneğin cm/s). Kullandığınız iki nokta grafikte işaretlenmeli ve aralarına eğim üçgeni çizilmelidir. Kesişim (b), doğrunun düşey eksenini kestiği noktadır ve $y = mx + b$ ilişkisindeki sabit terimi verir.

Eğimin belirsizliği: Hata çubukları çizilmişse, bütün hata çubuklarından geçebilen en dik ve en yatık iki doğru da (kesik çizgiyle) çizilir. Bu doğruların eğimleri m_{max} ve m_{min} ise eğimin belirsizliği yaklaşık olarak

$$\Delta m \approx \frac{m_{max} - m_{min}}{2}$$

alınır.

Doğrusallaştırma

Doğrusal olmayan bir ilişki, eksenlerde uygun büyüklükler kullanılarak doğruya dönüştürülebilir. Bir sonucu eğri yerine doğru üzerinden okumak çok daha güvenilirdir. Laboratuvarda sık karşılaşılan durumlar:

İlişki	Çizilecek grafik	Eğim	Kesişim
$x = \frac{1}{2}at^2$	$x - t^2$	$a/2$	0
$T = 2\pi\sqrt{L/g}$	$T^2 - L$	$4\pi^2/g$	0
$F = 4\pi^2mr/T^2$ (F, m sabit)	$r - T^2$	$F/(4\pi^2m)$	0
$A = A_0 e^{-t/\tau}$	$\ln A - t$ (ya da yarı log kağıtta $A - t$)	$-1/\tau$	$\ln A_0$
$y = kx^n$	$\log y - \log x$ (ya da log-log kağıtta $y - x$)	n	$\log k$

Yarı logaritmik veya logaritmik kağıtta eğim hesaplanırken kağıt üzerindeki uzunluklar değil, eksenenden okunan değerlerin logaritmaları kullanılır. Örneğin yarı logaritmik kağıttaki $A - t$ doğrusu için $m = (\ln A_2 - \ln A_1)/(t_2 - t_1)$ yazılır.

En küçük kareler yöntemi

Gözle çizilen doğru kişiden kişiye biraz değişir. Bunun yerine N adet (x_i, y_i) noktasına en uygun doğrunun eğimi ve kesişimi şu bağıntılarla hesaplanabilir:

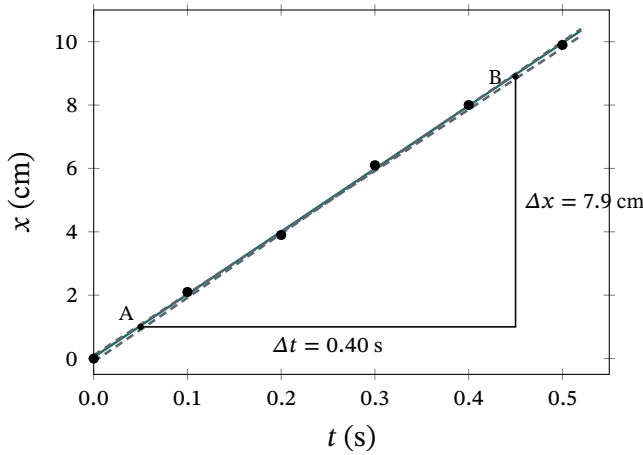
$$m = \frac{N \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad b = \frac{\sum y_i - m \sum x_i}{N}$$

Bu hesap bir hesap makinesiyle ya da hesap tablosu programıyla kolayca yapılır. Grafikten bulduğunuz eğimi bu sonuçla karşılaştırmak, çiziminizi denetlemenin iyi bir yoludur.

Çözümlü örnek

Yatay hava masasında sabit hızla hareket eden bir diskin ark izlerinden (10 Hz) aşağıdaki konum değerleri ölçülmüştür. Konum ölçümlerinin hatası $\Delta x = \pm 0.1$ cm'dir.

t (s)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
x (cm)	0.0	2.1	3.9	6.1	8.0	9.9



Doğru üzerinde seçilen iki nokta A(0.05 s; 1.0 cm) ve B(0.45 s; 8.9 cm) ise

$$v = m = \frac{8.9 - 1.0}{0.45 - 0.05} = \frac{7.9 \text{ cm}}{0.40 \text{ s}} = 19.8 \text{ cm/s}$$

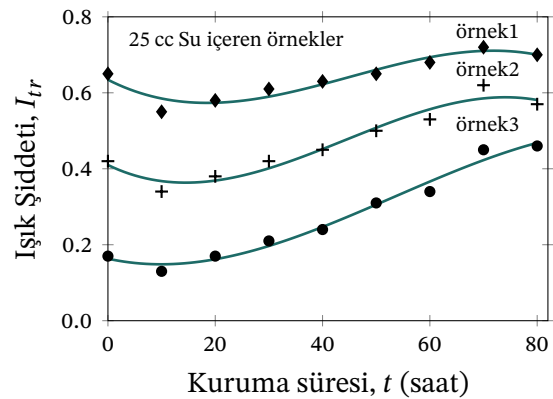
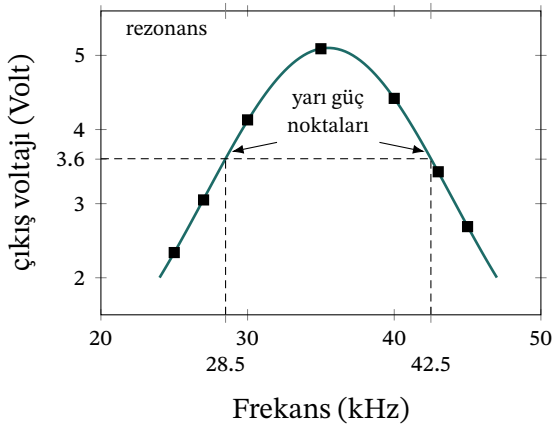
bulunur. Hata çubuklarından geçen en dik ve en yatık doğruların (kesik çizgiler) eğimleri 20.2 cm/s ve 19.4 cm/s olduğundan $\Delta v \approx (20.2 - 19.4)/2 = 0.4$ cm/s'dir. Sonuç

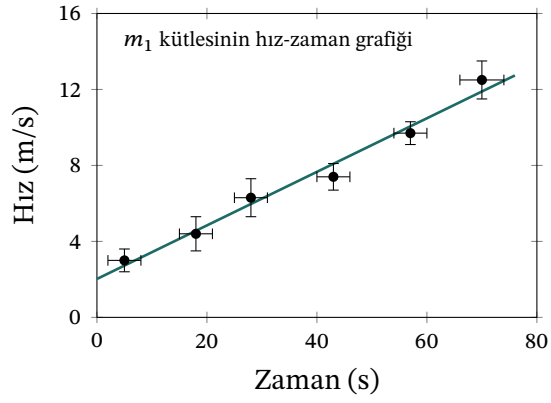
$$v = 19.8 \pm 0.4 \text{ cm/s}$$

şeklinde yazılır.

Aynı verilere en küçük kareler yöntemi uygulanırsa ($N = 6$, $\sum t_i = 1.50$ s, $\sum x_i = 30.0$ cm, $\sum t_i x_i = 10.97$ cm·s, $\sum t_i^2 = 0.550$ s²) $m = 19.83$ cm/s ve $b = 0.04$ cm bulunur. Grafikten bulunan değer bununla uyumludur. Kesişimin sıfıra çok yakın çıkması da beklenen bir sonuçtur, çünkü konum ölçümlerinin başlangıcı olarak ilk nokta seçilmiştir.

Örnek grafikler:



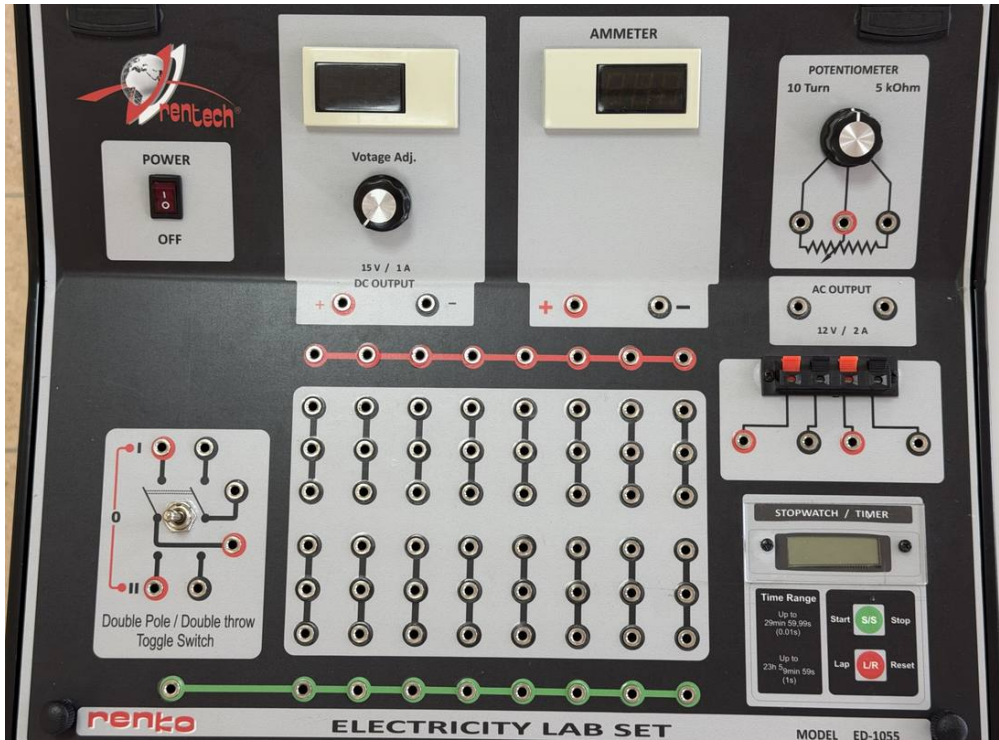


Hata hesapları yapılmış noktalar için düşey ve/veya yatay hata barları (çizgileri) yandaki grafikteki gibi gösterilmeli ve hata barlarının kapladığı alan dikkate alınarak, ortalamayı en iyi temsil eden bir doğru (fit doğrusu) çizilmelidir. Yukarıdaki iki grafikte olduğu gibi, doğrusal (lineer) bir değişimin olmadığı durumlarda bu çizim, belirli bir fonksiyona karşılık gelen bir fit eğrisi şeklinde olacaktır.

Deney Seti ve Ölçü Aletleri

Renko ED-1055 Elektrik Deney Seti

Bu laboratuvardaki deneylerin çoğu Şekil 0.1'deki deney setinde yapılır. Tahtanın orta bölümündeki jaklar dikey sütunlar hâlinde birbirine bağlıdır; bir sütuna takılan iki eleman ucu aynı düğümde. Tahtanın altındaki yeşil hat toprak (ortak) hattıdır. Devre elemanları jaklara doğrudan takılır, düğümler arasındaki bağlantılar kısa kablolarla yapılır.



Şekil 0.1. Renko ED-1055 deney seti.

Setin bu föyde kullanılan bölümleri şunlardır:

- **DC çıkış** (0–15 V, en çok 1 A): üstündeki gösterge kaynağın gerilimini (V_k) gösterir.
- **AC çıkış** (12 V, 50 Hz) ve tahtanın sol yanındaki **işaret üretici**: Deney 6 ve Deney 7’de kullanılır.
- **10 turlu 5 k Ω potansiyometre**: Deney 6’daki Wheatstone köprüsünde ayarlı kol olarak kullanılır.
- **Çift kutuplu, iki konumlu anahtar** (I – 0 – II): Deney 4’te kondansatörü doldurmak ve boşaltmak için kullanılır.
- **Kronometre**: Deney 4’te zamanı ölçmek için kullanılır.

Setin içindeki ampermetre bu föyde kullanılmaz; bütün akım ölçmeleri multimetreyle yapılır.

VC97 Multimetre



Şekil 0.2. VC97 multimetre.

Multimetre; doğru ve alternatif gerilim (DCV, ACV), doğru ve alternatif akım (DCA, ACA), direnç (Ω) ve sığa ölçebilen çok amaçlı bir sayısal ölçü aletidir. Ölçüm türü ortadaki döner anahtarla seçilir. Siyah kablo her zaman **COM** girişine takılır. Kırmızı kablo gerilim ve direnç ölçerken **V Ω** girişine, en çok 400 mA'lık akım ölçerken **mA** girişine takılır. 10 A girişi bu laboratuvarında kullanılmaz.

- **Voltmetre** ölçülen iki noktaya *paralel* bağlanır. İç direnci çok büyüktür (yaklaşık 10 M Ω); bu yüzden devreden çok küçük bir akım çeker.
- **Ampermetre** akımın geçtiği yola *seri* bağlanır: ölçülecek kol açılır ve ampermetre araya takılır. İç direnci çok küçüktür.
- **Ohmmetre** yalnız gerilimsiz bir elemanı ölçer. Ölçmeden önce kaynağı kapatınız ve elemanı devreden ayırınız; ölçerken elemanın uçlarını elle tutmayınız, çünkü vücut direnci paralel bağlanır.

Kırmızı kablo mA girişindeyken multimetreyi hiçbir zaman bir gerilim kaynağının uçlarına (paralel) bağlamayınız: ampermetrenin iç direnci çok küçük olduğundan kaynak kısa devre olur ve multimetrenin sigortası atar. Ölçüm bitince multimetrenin kablosunu V Ω girişine geri takınız ve aleti kapatınız.

Birimlerin ve Büyüklüklerin Uygun Biçimde İfadesi

Bu laboratuvarında kullanılan başlıca birimler şunlardır: Ω (ohm), V (volt), A (amper), s (saniye), Hz (hertz), F (farad), H (henry). Bir değer, birimin önüne Tablo 0.1'deki örneklerden uygun olanı getirilerek yazılır.

Çarpan	Önek	Simge	Çarpan	Önek	Simge
10^9	giga	G	10^{-3}	mili	m
10^6	mega	M	10^{-6}	mikro	μ
10^3	kilo	k	10^{-9}	nano	n
			10^{-12}	piko	p

Tablo 0.1. Ondalık örnekler.

Bir formülde değerler yerine konulurken her büyüklük öneksiz, temel birimiyle yazılmalıdır. Örneğin $V_1 = 300$ mV, $V_2 = 7,5$ V ve $R = 1$ k Ω ise

$$I = \frac{V_2 - V_1}{R} = \frac{7,5 \text{ V} - 0,3 \text{ V}}{1 \cdot 10^3 \Omega} = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 7,2 \text{ mA}$$

olur. Benzer biçimde $L = 4$ mH ve $C = 10$ nF için

$$T = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\sqrt{(4 \cdot 10^{-3} \text{ H})(10 \cdot 10^{-9} \text{ F})} \approx 4 \cdot 10^{-5} \text{ s} = 40 \mu\text{s}$$

bulunur. Sonuç yazılırken de uygun önek seçilir: 4700 Ω yerine 4,7 k Ω ; 1200 mV yerine 1,2 V; 0,03 V yerine 30 mV; $8,2 \cdot 10^{-5}$ H yerine 82 μH yazılır. Sonuçlar 10'un kuvvetleriyle bırakılmaz, virgülden sonra

sıfırla başlayan yazımlardan kaçınılır ve 1000 ile daha büyük sayılar bir üst öneke geçirilir. Bu yüzden 12000 Ω , 0,056 k Ω ve 0,0082 M Ω gibi yazımlar yanlıştır; bunlar sırasıyla 12 k Ω , 56 Ω ve 8,2 k Ω olarak yazılır ve söylenir.

DENEY 1

Direnç Renk Okuma ve Ölçmeleri



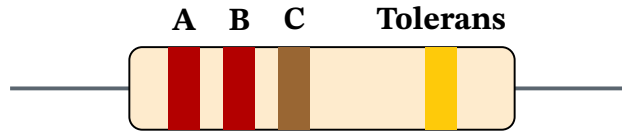
Sanal deney

Deneyin amacı; dirençlerin değerini renk kodundan okumak ve multimetrenin ohmmetre kısmıyla ölçmek, seri ve paralel bağlı dirençlerin eşdeğerini deneysel ve kuramsal olarak bulmaktır.

Kuram

Direnç Renk Kodları

Küçük dirençlerin değeri gövdelerinin üzerindeki renkli bantlarla gösterilir (Şekil 1.1). Direnç, tolerans bandı sağda olacak biçimde tutulur. A ve B bantlarının değerleri yan yana yazılarak iki basamaklı bir sayı elde edilir; bu sayı C bandının gösterdiği çarpanla çarpılır. Dördüncü bant, değerin kaç yüzde sapabileceğini (toleransı) gösterir.



Şekil 1.1. Dört bantlı direnç.

Renk	A	B	C (çarpan)	Tolerans
Siyah	–	0	10^0	–
Kahverengi	1	1	10^1	$\pm\%1$
Kırmızı	2	2	10^2	$\pm\%2$
Turuncu	3	3	10^3	–
Sarı	4	4	10^4	–
Yeşil	5	5	10^5	–
Mavi	6	6	10^6	–
Mor	7	7	10^7	–
Gri	8	8	10^8	–
Beyaz	9	9	10^9	–
Altın	–	–	10^{-1}	$\pm\%5$
Gümüş	–	–	10^{-2}	$\pm\%10$

Tablo 1.1. Direnç renk kodları.

Örnekler: kırmızı–kırmızı–kırmızı = $22 \cdot 10^2 \Omega = 2,2 \text{ k}\Omega$; kahverengi–siyah–siyah = $10 \cdot 10^0 \Omega = 10 \Omega$; sarı–mor–yeşil = $47 \cdot 10^5 \Omega = 4,7 \text{ M}\Omega$; mavi–gri–altın = $68 \cdot 10^{-1} \Omega = 6,8 \Omega$.

Seri ve Paralel Bağlı Dirençler

Seri bağlı iki direncin eşdeğeri $R_{eş} = R_a + R_b$, paralel bağlı iki direncin eşdeğeri

$$\frac{1}{R_{eş}} = \frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b} \implies R_{eş} = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b} \quad (1.1)$$

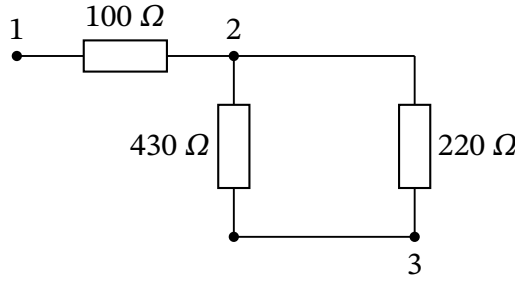
olur. Paralel bağlı dirençlerin eşdeğeri, en küçük dirençten de küçüktür.

Deneyin Yapılışı

Kullanılan Araç ve Gereçler

VC97 multimetre, ED-1055 deney seti, dirençler ($33\text{ k}\Omega$, $1\text{ k}\Omega$, $430\ \Omega$, $220\ \Omega$, $100\ \Omega$), bağlantı kabloları.

- Multimetrenin kırmızı kablosunu $V\Omega$, siyah kablosunu COM girişine takınız ve döner anahtarı Ω konumuna getiriniz.
- Protokoldeki beş direncin değerini renk kodundan okuyup yazınız.
- Aynı dirençleri ohmmetreyle ölçünüz; ölçerken direncin uçlarını elle tutmayınız. Renk kodundan okunan değer ile ölçülen değer arasındaki yüzde farkı hesaplayıp direncin toleransı ile karşılaştırınız.
- Şekil 1.2'deki devreyi tahtada kurunuz. 1 ile 3 noktaları arasındaki eşdeğer direnci ohmmetreyle ölçünüz ($R_{eş}^D$).
- Eşdeğer direnci (1.1) bağıntısını kullanarak hesaplayınız ($R_{eş}^K$) ve ölçtüğünüz değerle karşılaştırınız.



Şekil 1.2. Eşdeğer direnç devresi: $100\ \Omega$, ardından paralel bağlı $430\ \Omega$ ve $220\ \Omega$.

ELEKTRİK VE MANYETİZMA LABORATUVARI · DENEY PROTOKOLÜ**Deney 1: DİRENÇ RENK OKUMA VE ÖLÇMELERİ**

Tarih: ____ / ____ / 20__

Grup No: _____

Ad Soyad	No	İmza

DENEY VERİLERİ**1) Renk kodu ve ohmmetre**

No	Renkler (A – B – C)	Renk kodundan değer	Ohmmetreyle ölçülen	% fark
1	turuncu – turuncu – turuncu			
2	kırmızı – kırmızı – kahverengi			
3	kahverengi – siyah – kahverengi			
4	kahverengi – siyah – kırmızı			
5	sarı – turuncu – kahverengi			

2) Eşdeğer direnç (Şekil 1.2, 1 ile 3 arası)DeneySEL: $R_{eş}^D = \text{_____} \Omega$ Kuramsal: $R_{eş}^K = 100 \Omega + \frac{(430 \Omega)(220 \Omega)}{430 \Omega + 220 \Omega} = \text{_____} \Omega$

Yüzde fark: _____ %

DENEY 2

Doğru Akım ve Gerilim Ölçmeleri



Sanal deney

Deneyin amacı; doğru gerilim ve akımı sayısal multimetreyle ölçmek, kaynağın kendi göstergesini multimetreyle karşılaştırmak ve Ohm yasasını kullanarak bilinmeyen bir direnci bulmaktır.

Kuram

Doğru gerilim ve akım, değeri ve yönü zamanla değişmeyen gerilim ve akımdır. Bir direncin uçları arasındaki gerilim ile içinden geçen akım Ohm yasasıyla bağlıdır:

$$V = IR. \quad (2.1)$$

Voltmetre ölçülen iki noktaya paralel, ampermetre akımın geçtiği yola seri bağlanır (bkz. Deney Seti ve Ölçü Aletleri).

Şekil 2.3'teki devrede R_1 ile R_x seri bağlıdır ve ikisinden aynı I akımı geçer. R_1 'in uçları arasındaki gerilim $V_k - V_s$ olduğundan

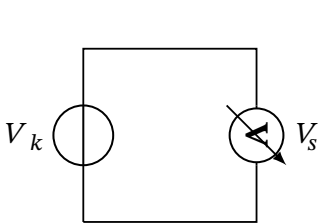
$$I = \frac{V_k - V_s}{R_1}, \quad V_s = IR_x \quad (2.2)$$

yazılır. Bu yüzden $I-V_s$ grafiği orijinden geçen bir doğrudur ve eğimi $1/R_x$ 'tir: $R_x = 1/\text{eğim}$.

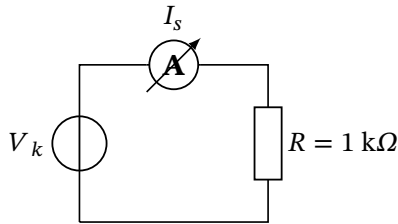
Deneyin Yapılışı

Kullanılan Araç ve Gereçler

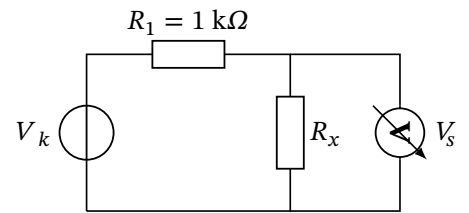
ED-1055 deney seti (DC çıkış), VC97 multimetre, 1 kΩ dirençler (ikisi R ve R_1 , biri değeri bilinmiyor sayılan R_x), bağlantı kabloları.



Şekil 2.1. Gerilim ölçmesi.



Şekil 2.2. Akım ölçmesi.



Şekil 2.3. Bilinmeyen direnç.

A) Gerilim Ölçmeleri

- Kaynağı en küçük değere getiriniz. Multimetreyi doğru gerilim (V DC) konumuna alıp Şekil 2.1'deki gibi DC çıkışın uçlarına bağlayınız.
- Kaynağın gerilimini yavaşça artırınız. Multimetre protokoldeki V_s değerlerini gösterdiğinde kaynağın kendi göstergesindeki V_k değerini yazınız (virgülden sonra iki basamak).

B) Akım Ölçmeleri

- Kaynağı en küçük değere getiriniz. 1 kΩ'luk direnci tahtaya takınız; multimetreyi doğru akım (mA) konumuna alıp kırmızı kablolarını mA girişine takınız ve Şekil 2.2'deki gibi kaynak ile direnç arasına seri bağlayınız.

b) Kaynağı protokoldeki V_k değerlerine getirip I_s akımlarını yazınız.

c) $V_k = 4,5$ V için Ohm yasasından direnci hesaplayınız.

C) Bilinmeyen Direncin (R_x) Tayini

a) Şekil 2.3'teki devreyi $R_1 = 1$ k Ω ve değeri bilinmiyor sayılan R_x ile kurunuz. Multimetreği gerilim konumuna geri alınız.

b) Kaynağı protokoldeki V_k değerlerine getirip R_x 'in uçlarındaki V_s gerilimini ölçünüz. Her satır için (2.2) bağıntısından I akımını hesaplayınız.

c) I - V_s grafiğini milimetrik kağıda çiziniz. En iyi doğrunun eğiminden R_x 'i bulunuz ($R_x = 1/\text{eğim}$).

Sorular

1. Kırmızı kablo mA girişindeyken multimetreği DC çıkışa paralel bağlarsanız ne olur? Neden?
2. Ampermetrenin iç direnci B bölümünde ölçtüğünüz akımı nasıl etkiler? Bu etki ne zaman önemli olur?
3. A bölümünde kaynağın göstergesi ile multimetre arasında bir fark buldunuz mu? Hangisine daha çok güvenirsiniz?

ELEKTRİK VE MANYETİZMA LABORATUVARI · DENEY PROTOKOLÜ**Deney 2: DOĞRU AKIM VE GERİLİM ÖLÇMELERİ**

Tarih: ____ / ____ / 20__

Grup No: _____

Ad Soyad	No	İmza

DENEY VERİLERİ**A) Gerilim ölçmeleri**

V_s (V)	1,80	2,00	2,80	3,20	3,80	4,40	5,10	6,00
V_k (V)								

B) Akım ölçmeleri ($R = 1 \text{ k}\Omega$)

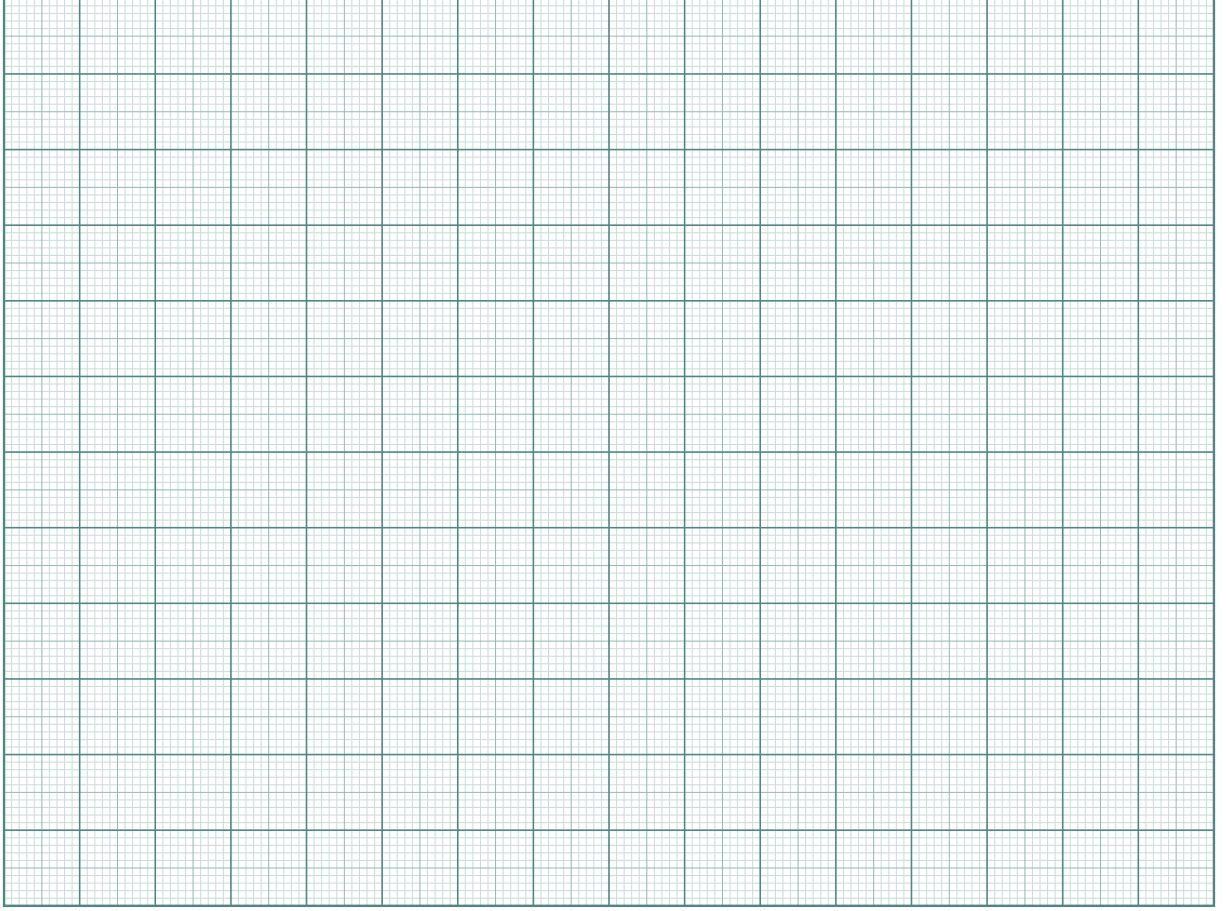
V_k (V)	2,0	3,3	3,8	4,5	5,0	6,0	8,5	10,0
I_s (mA)								

$$R(4,5 \text{ V}) = 4,5 \text{ V}/I_s = \text{_____} \Omega$$

C) Bilinmeyen direnç ($R_1 = 1 \text{ k}\Omega$)

V_k (V)	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0
V_s (V)						
$I = (V_k - V_s)/R_1$ (mA)						

$$\text{Grafikten eğim} = \text{_____ mA/V} \quad R_x = 1/\text{eğim} = \text{_____} \Omega$$

Grafik 2.1 · I - V_s grafiği (R_x tayini)*milimetrik, 1 kare = 1 mm · %100 ölçekte yazdırınız*

DENEY 3

Kirchhoff Yasaları



Sanal deney

Deneyin amacı; Kirchhoff'un gerilimler ve akımlar yasalarını iki çevreli bir devrede ölçümle doğrulamaktır.

Kuram

Dirençler ve kaynaklardan oluşan bir devrede iki temel yasa geçerlidir.

Kirchhoff'un gerilimler yasası: Herhangi bir anda, devrenin herhangi bir kapalı çevresi boyunca elemanların gerilimlerinin toplamı sıfırdır:

$$\sum_{k=1}^n V_k = 0. \quad (3.1)$$

Kirchhoff'un akımlar yasası: Herhangi bir anda, bir düğüme giren akımların toplamı çıkan akımların toplamına eşittir; düğüme giren akımlar artı, çıkanlar eksi alınırsa

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0 \quad (3.2)$$

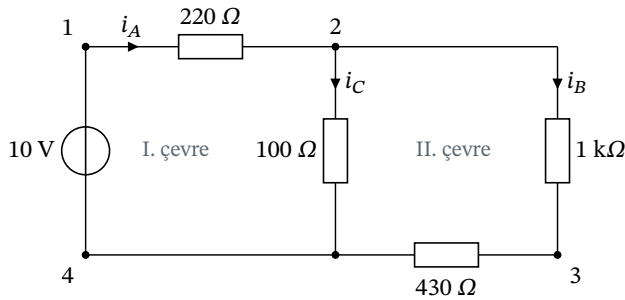
olur. Birinci yasa enerjinin, ikincisi yükün korunumundan gelir.

Gerilim ölçerken voltmetrenin kırmızı kablosu ilk noktaya, siyah kablosu ikinci noktaya bağlanır; örneğin $V_{12} = V_1 - V_2$ 'dir. Bir çevre boyunca hep aynı yönde dolaşırsa gerilimlerin işaretleri kendiliğinden doğru çıkar. Akım ölçerken ise ölçülecek kol açılır ve ampermetre araya seri bağlanır. Ampermetrenin aynı ucu hep aynı düğüme bağlanırsa, eksi işaretli bir okuma akımın varsayılan yönün tersine aktığını gösterir.

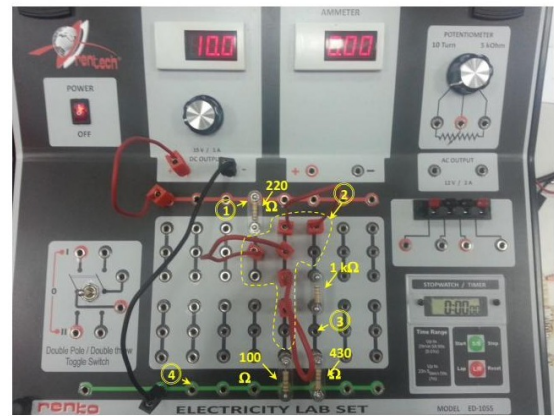
Deneyin Yapılışı

Kullanılan Araç ve Gereçler

ED-1055 deney seti (DC çıkış), VC97 multimetre, dirençler (220 Ω , 100 Ω , 1 k Ω , 430 Ω), bağlantı kabloları.



Şekil 3.1. İki çevreli devre ve 2 numaralı düğümün akımları.



Şekil 3.2. Devrenin tahtada kurulmuş hâli.

- a) Şekil 3.1'deki devreyi tahtada kurunuz (Şekil 3.2) ve girişe 10,0 V doğru gerilim uygulayınız.
- b) Her iki çevrede saat yönünde dolaşarak eleman uçlarındaki gerilimleri ölçünüz. I. çevre için V_{12} , V_{24} , V_{41} ; II. çevre için V_{23} , V_{34} , V_{42} . Örneğin V_{23} 'ü ölçerken voltmetrorenin kırmızı kablosu 2 numaralı noktaya, siyah kablosu 3 numaralı noktaya bağlanır.
- c) Ölçtüğünüz gerilimlerle her iki çevre için (3.1) bağıntısının sağlandığını gösteriniz.
- d) 2 numaralı düğümün i_A , i_B ve i_C akımlarını sırayla ölçünüz. Ölçeceğiniz kolun elemanını 2 numaralı düğümün sütunundan çıkarıp boş bir sütuna takınız; multimetrenin mA girişini bu sütuna, COM girişini 2 numaralı düğümüne bağlayınız. Her ölçümden sonra elemanı yerine takınız. Ampermetrenin COM ucu hep 2 numaralı düğümde kalmalıdır.
- e) Ölçtüğünüz akımlarla (3.2) bağıntısının sağlandığını gösteriniz.
- f) i_A , i_B ve i_C 'yi kuramsal olarak hesaplayıp ölçümleinizle karşılaştırınız.

Sorular

1. Ölçtüğünüz akımlardan biri eksi işaretli çıktı mı? Bu ne anlama gelir?
2. Çevre gerilimlerinin toplamı tam sıfır çıkmadıysa farkın kaynakları nelerdir?

ELEKTRİK VE MANYETİZMA LABORATUVARI · DENEY PROTOKOLÜ**Deney 3: KİRCHHOFF YASALARI**

Tarih: ____ / ____ / 20__

Grup No: _____

Ad Soyad	No	İmza

DENEY VERİLERİ**1) Çevre gerilimleri ($V_k = 10,0$ V)**

I. çevre		II. çevre	
V_{12} (V)		V_{23} (V)	
V_{24} (V)		V_{34} (V)	
V_{41} (V)		V_{42} (V)	
Toplam (V)		Toplam (V)	

2) Düğüm akımları (2 numaralı düğüm)

	i_A (mA)	i_B (mA)	i_C (mA)
Ölçülen			
Kuramsal			

Akımlar yasası: $i_A - i_B - i_C =$ _____ mA

Kuramsal hesap ve akımların yönleri:

DENEY 4

Kondansatörün Dolma ve Boşalması

Sanal deney

Deneyin amacı; bir RC devresinde kondansatörün dolma ve boşalma gerilimini zamanla ölçmek ve devrenin zaman sabitini bulmaktır.

Kuram

İki iletken levha arasına yalıtkan (dielektrik) bir madde konulursa bir kondansatör oluşur. Levhalar arasına V gerilimi uygulandığında levhalarda $+Q$ ve $-Q$ yükleri birikir. Biriken yükün gerilime oranı kondansatörün sığasıdır:

$$C = \frac{Q}{V}, \quad C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}. \quad (4.1)$$

Sığanın birimi farad (F) olup ikinci bağıntıda $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$ F/m boşluğun elektriksel geçirgenliği, ϵ_r yalıtkanın bağıl geçirgenliği (birimsiz), A levha alanı ve d levhalar arası uzaklıktır.

Dolma

Şekil 4.2'deki anahtar I konumuna alındığında boş kondansatör, E kaynağından R direnci üzerinden dolmaya başlar. Seri devrede direnç ve kondansatörden aynı akım geçer ve $E = I(t)R + V_C(t)$ olur. Kondansatörün akımı $I(t) = C dV_C/dt$ olduğundan

$$RC \frac{dV_C}{dt} + V_C = E$$

diferansiyel denklemi elde edilir. Bu denklem $V_C(0) = 0$ başlangıç koşuluyla çözülürse

$$V_C(t) = E(1 - e^{-t/\tau}), \quad \tau = RC \quad (4.2)$$

bulunur. τ (okunuşu: tau) devrenin *zaman sabitidir*; birimi saniyedir. $t = \tau$ anında

$$V_C(\tau) = E(1 - e^{-1}) = 0,632 E \quad (4.3)$$

olur: kondansatör gerilimi τ sürede son değerinin %63,2'sine ulaşır. Yaklaşık 5τ sonra gerilim E 'nin %99,3'üne ulaşır ve kondansatör dolmuş sayılır. Dolma akımı

$$I(t) = C \frac{dV_C}{dt} = \frac{E}{R} e^{-t/\tau}$$

olup başlangıçta en büyük değerini (E/R) alır ve kondansatör doldukça sıfıra iner.

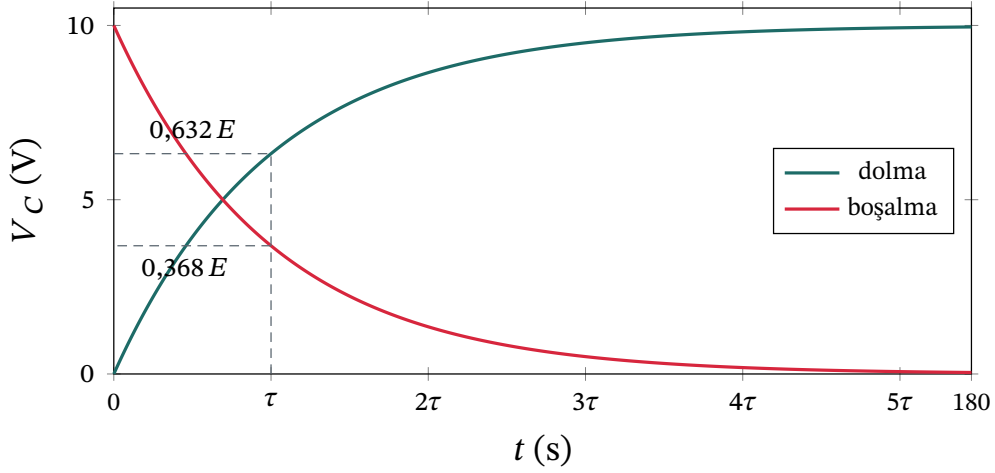
Boşalma

E gerilimine kadar dolmuş kondansatör, anahtar II konumuna alınınca R direnci üzerinden boşalır. Anahtarın II konumuna alındığı ana $t = 0$ denirse

$$V_C(t) = E e^{-t/\tau}, \quad I(t) = -\frac{E}{R} e^{-t/\tau} \quad (4.4)$$

olur. Eksi işaret, boşalma akımının dolma akımına göre ters yönde aktığını gösterir. $t = \tau$ anında gerilim E 'nin %36,8'ine iner.

Bu deneyde $E = 10 \text{ V}$, $R = 33 \text{ k}\Omega$ ve $C = 1000 \mu\text{F}$ kullanılır; zaman sabiti $\tau = RC = (33 \cdot 10^3 \Omega)(1000 \cdot 10^{-6} \text{ F}) = 33 \text{ s}$ 'dir. Beklenen eğriler Şekil 4.1'de verilmiştir.

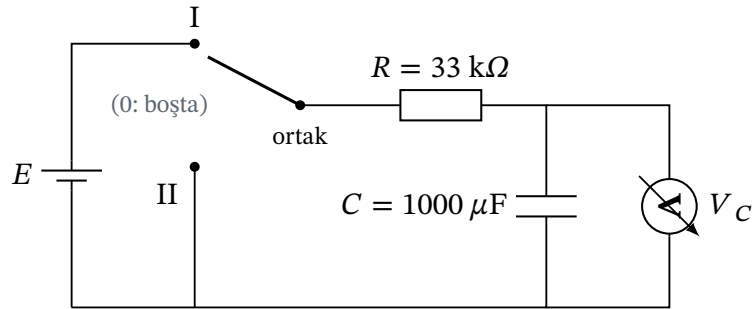


Şekil 4.1. Beklenen dolma ve boşalma eğrileri ($E = 10 \text{ V}$, $\tau = 33 \text{ s}$).

Deneyin Yapılışı

Kullanılan Araç ve Gereçler

ED-1055 deney seti (DC çıkış, çift kutuplu anahtar, kronometre), VC97 multimetre, $33 \text{ k}\Omega$ direnç, $1000 \mu\text{F}$ elektrolitik kondansatör, bağlantı kabloları.



Şekil 4.2. Dolma ve boşalma devresi. Anahtarın I konumu doldurma, II konumu boşaltma, 0 konumu boşta içindir.

Elektrolitik kondansatörün + bacağı R tarafına, – bacağı yeşil toprak hattına bağlanmalıdır; ters bağlanan elektrolitik kondansatör bozulur. Kondansatörde önceki kullanımdan yük kalmışsa, devreye takmadan önce iki bacağı yeşil hatta takarak boşaltınız.

- Devreyi Şekil 4.2'deki gibi kurunuz. DC çıkışın eksisini yeşil hatta bağlayınız. Kaynağın artısını anahtarın I ucuna, anahtarın ortak ucunu R 'ye, II ucunu yeşil hatta bağlayınız.
- Anahtar 0 konumundayken kaynağın gerilimini $E = 10 \text{ V}$ 'a ayarlayınız. Multimetreyi doğru gerilim konumunda kondansatörün uçlarına bağlayınız.
- Kronometreyi sıfırlayınız. Anahtarı I konumuna aldığınız anda kronometreyi başlatınız. Protokoldeki zamanlarda kondansatörün gerilimini okuyup "Doldurma 1" sütununa yazınız (virgülden sonra bir basamak yeterlidir).
- Dolma bitince anahtarı 0 konumuna alınız, kronometreyi durdurup sıfırlayınız.

- e) Fazla beklemeden anahtarı II konumuna aldığınız anda kronometreyi başlatınız ve boşalma gerilimlerini "Boşaltma 1" sütununa yazınız.
- f) 3.-5. adımları ikinci ölçüm için tekrarlayınız ve iki ölçümün ortalamalarını alınız.
- g) Dolma ve boşalma eğrilerini milimetrik kağıda çiziniz. $\tau = RC$ ile zaman sabitini hesaplayınız. Bu zamana karşılık gelen gerilimi ($V_C^d(\tau)$) dolma eğrisinden okuyunuz ve (4.3) bağıntısının verdiği $0,632 E$ değeriyle karşılaştırınız.

Sorular

1. τ 'yu grafikten iki yolla bulunuz: dolma eğrisinin %63 noktasından ve boşalma ölçümlerinden çezeceğiniz $\ln V_C - t$ doğrusunun eğiminden (eğim = $-1/\tau$). İki sonucu karşılaştırınız.
2. Voltmetrenin iç direnci (yaklaşık $10 M\Omega$) kondansatöre paralel bağlıdır. Bu, ölçtüğünüz zaman sabitini nasıl etkiler?
3. Elektrolitik kondansatör ters bağlanırsa ne olur?

ELEKTRİK VE MANYETİZMA LABORATUVARI · DENEY PROTOKOLÜ**Deney 4: KONDANSATÖRÜN DOLMA VE BOŞALMASI**

Tarih: ____ / ____ / 20__

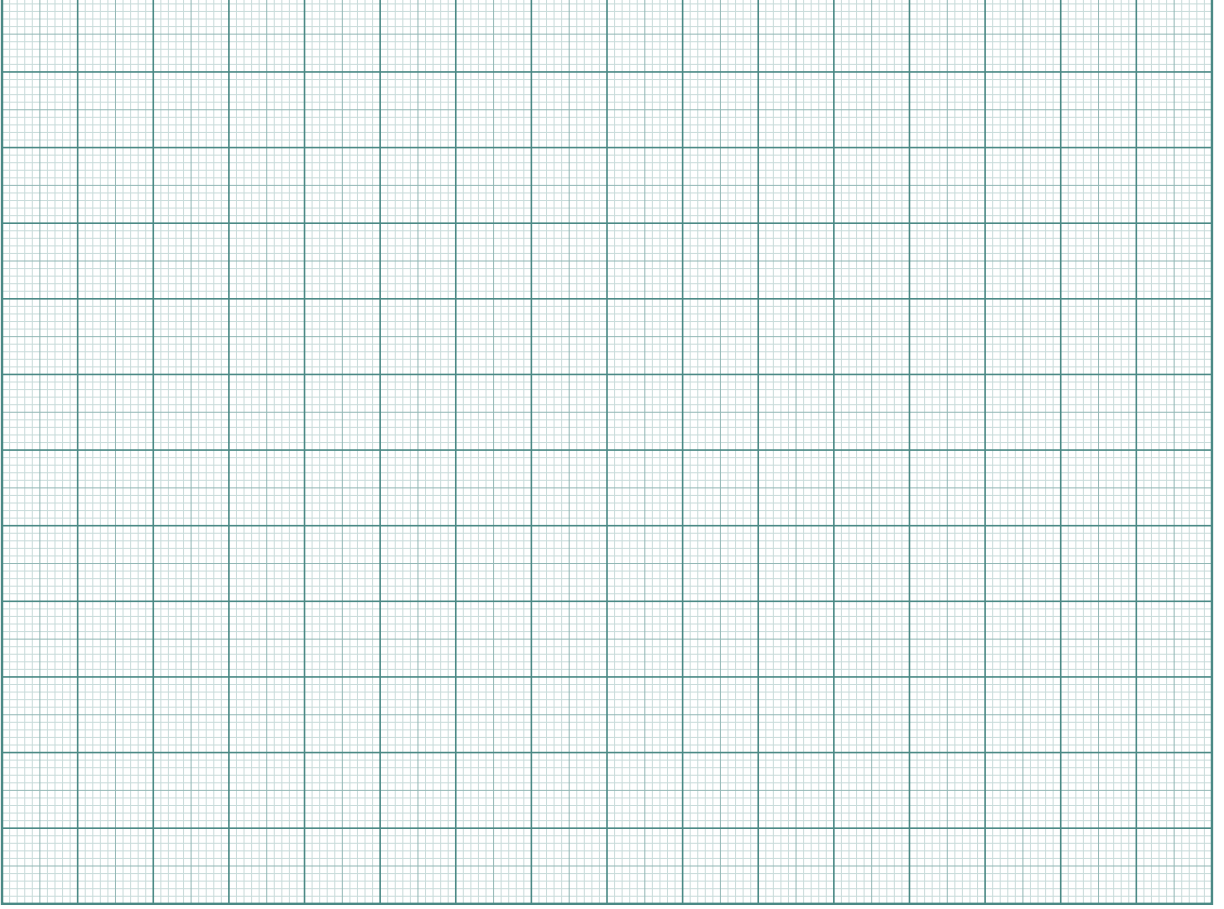
Grup No: _____

Ad Soyad	No	İmza

DENEY VERİLERİ $E = \text{_____ V}$ $R = \text{_____ k}\Omega$ $C = \text{_____ }\mu\text{F}$

t (s)	Doldurma 1 (V)	Doldurma 2 (V)	Doldurma ort. (V)	Boşaltma 1 (V)	Boşaltma 2 (V)	Boşaltma ort. (V)
5						
10						
15						
20						
25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						
60						
65						
70						
75						
80						
85						
90						
100						
110						
120						
130						
140						
150						
160						
170						
180						

 $\tau = RC = \text{_____ s}$ $V_C^d(\tau)$, grafikten = _____ V $0,632 E = \text{_____ V}$ τ , $\ln V_C - t$ eğiminden = _____ s

Grafik 4.1 · Dolma ve boşalma eğrileri (V_C-t)*milimetrik, 1 kare = 1 mm · %100 ölçekte yazdırınız*

DENEY 5

Eş Potansiyel ve Elektrik Alan Çizgileri



Sanal deney

Deneyin amacı; zıt yüklü iki elektrotun iletken kâğıt üzerinde oluşturduğu eş potansiyel çizgilerini bulmak ve bu çizgileri kullanarak elektrik alan çizgilerinin haritasını çıkarmaktır.

Kuram

Bir yük dağılımının çevresindeki bir test yüküne kuvvet etki eder. Elektrik alan, birim pozitif yüke etki eden elektrostatik kuvvettir:

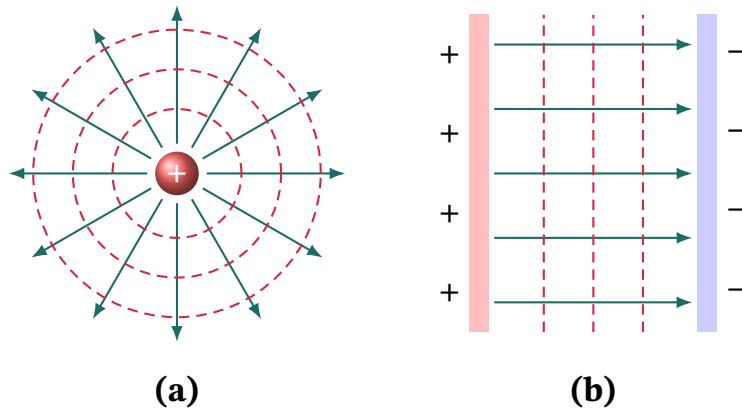
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}. \quad (5.1)$$

SI birim sisteminde kuvvet newton, yük coulomb olduğundan elektrik alanın birimi N/C'dir (V/m ile aynıdır). Elektrik alan vektörel bir büyüklüktür; yönü, pozitif test yüküne etki eden kuvvetin yönüdür.

Alanın şiddeti ve yönü *elektrik alan çizgileri*yle gösterilir. Alan çizgileri pozitif yüklerden başlar, negatif yüklerde biter; bir noktadaki alan, o noktadan geçen çizginin teğeti yönündedir ve çizgilerin sık olduğu yerde alan şiddetlidir. Bir noktadan tek bir alan yönü geçtiğinden alan çizgileri birbirini kesmez.

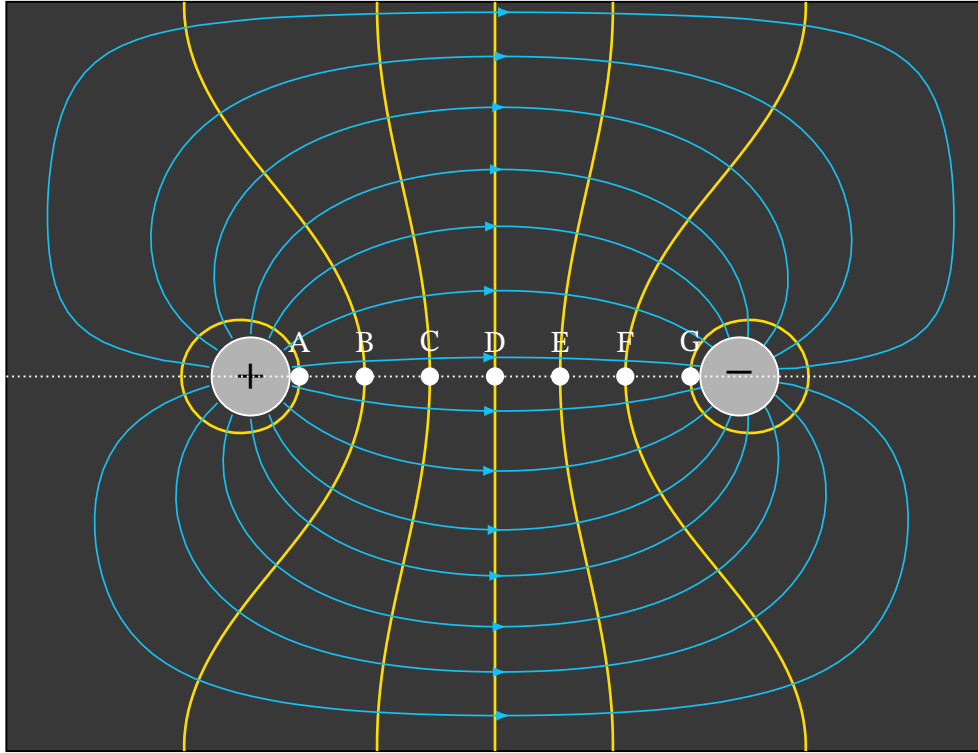
Aynı potansiyeldeki noktaların birleştirilmesiyle *eş potansiyel çizgileri* elde edilir. Bir yükü eş potansiyel çizgisi boyunca taşımak için iş yapılmaz; bu yüzden eş potansiyel çizgileri alan çizgilerine her yerde diktir. Alan, potansiyelin en hızlı azaldığı yönü gösterir: $\vec{E} = -\nabla V$. Yalıtılmış bir iletkenin yüzeyi de bir eş potansiyel yüzeyidir ve alan çizgileri iletken yüzeye dik girer.

Şekil 5.1'de pozitif bir noktasal yükün ve zıt yüklü iki paralel levhanın alan ve eş potansiyel çizgileri görülmektedir. Paralel levhalar arasında alan düzgündür: çizgiler paraleldir ve sıklıkları sabittir.



Şekil 5.1. Alan çizgileri (düz) ve eş potansiyel çizgileri (kesikli): (a) pozitif noktasal yük, (b) zıt yüklü paralel levhalar.

Bu deneyde iletken kâğıt üzerine yerleştirilmiş iki disk elektrot arasına gerilim uygulanır. Kâğıttaki akım yoğunluğu elektrik alanla orantılı olduğundan, kâğıttaki potansiyel durgun yükler arasındaki potansiyelle aynı Laplace denklemini ($\nabla^2 V = 0$) sağlar. Böylece kâğıt üzerinde bir voltmetreyle ölçülen eş potansiyel çizgileri, iki zıt yüklü diskin elektrostatik alanını gösterir. Beklenen harita Şekil 5.2'de verilmiştir.

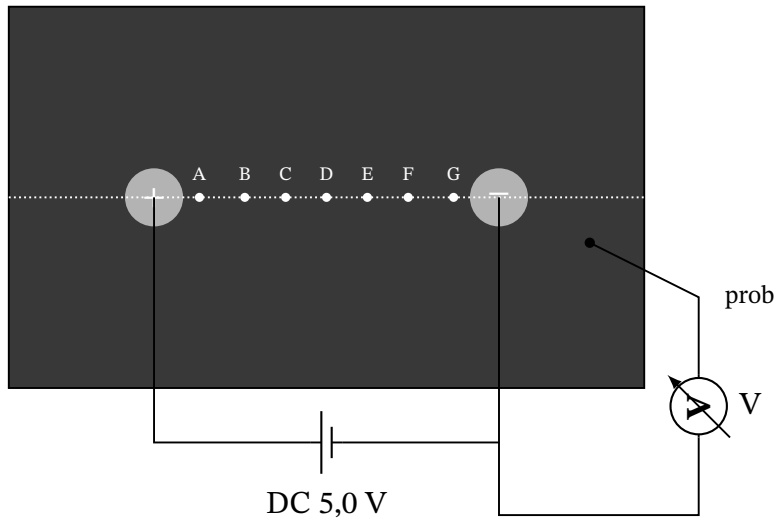


Şekil 5.2. Beklenen harita: A-G noktalarından geçen eş potansiyel çizgileri (sarı) ve alan çizgileri (mavi). 30 cm × 23 cm kâğıt, diskler arası 15 cm, 5,0 V; sayısal çözüm.

Deneyin Yapılışı

Kullanılan Araç ve Gereçler

Siyah iletken kâğıt, iki disk elektrot, mantar tabla ve sıkıştırıcı iğneler, DC güç kaynağı, VC97 multimetre ve prob, bağlantı kabloları, milimetrik kâğıt.



Şekil 5.3. Deneyin kurulumu. Multimetrenin COM kablosu eksi elektrotta, kırmızı kablosu proba bağlanır.

Siyah iletken kâğıt üzerine hiçbir işaret koymayınız ve kâğıda zarar verecek bir işlem yapmayınız. Bulduğunuz noktaları yalnız milimetrik kâğıda işaretleyiniz.

- Elektrotları kâğıdın üzerine yerleştiriniz. Bağlantı kablusunun ucunu elektrotun üzerine koyup sıkıştırıcı iğneyi sırasıyla kablo ucundan, elektrottan ve kâğıttan geçirerek mantar tablaya bastırınız;

iğnenin kabloyu ve elektrotu sağlam tuttuğundan emin olunuz.

- b)** Kaynağın gerilimini 5,0 V'a ayarlayınız ve elektrotlara bağlayınız (Şekil 5.3). Elektrotların iletkenliğini denetlemek için multimetrenin bir ucunu iğnenin yanına bağlayıp öbür ucunu aynı elektrot üzerinde gezdiriniz; iki nokta arasındaki fark, uygulanan gerilimin %1'ini geçmemelidir.
- c)** Multimetrenin COM kablosunu eksi elektrotla bağlayınız; bu elektrot referansınızdır. Kırmızı kabloya bağlı probu kâğıda tek bir noktada dokundurarak o noktanın potansiyelini ölçebilirsiniz.
- d)** Kâğıdın x ekseninde işaretli A, B, C, D, E, F ve G noktalarının potansiyellerini ölçüp protokole yazınız.
- e)** Her nokta için, probu kâğıt üzerinde gezdirerek aynı potansiyeli gösteren başka noktalar bulunuz: x ekseninin üstünde ve altında üçer nokta. Bu noktaların konumlarını milimetrik kâğıda işaretleyiniz (ölçek 1:2).
- f)** Aynı potansiyeldeki noktaları birleştirerek eş potansiyel çizgilerini çiziniz. Alan çizgilerinin eş potansiyel çizgilerine dik olduğunu kullanarak elektrotlar arasındaki alan çizgilerini, yönlerini oklarla göstererek çiziniz.

Sorular

1. D noktasının potansiyeli neden kaynak geriliminin yarısıdır?
2. COM kablosunu artı elektrotla bağlarsanız okumalarınız nasıl değişir?
3. Alan, haritanızın neresinde en şiddetlidir? Bunu çizgilerden nasıl anlarsınız?

ELEKTRİK VE MANYETİZMA LABORATUVARI · DENEY PROTOKOLÜ**Deney 5: EŞ POTANSİYEL VE ELEKTRİK ALAN ÇİZGİLERİ**

Tarih: ____ / ____ / 20____

Grup No: _____

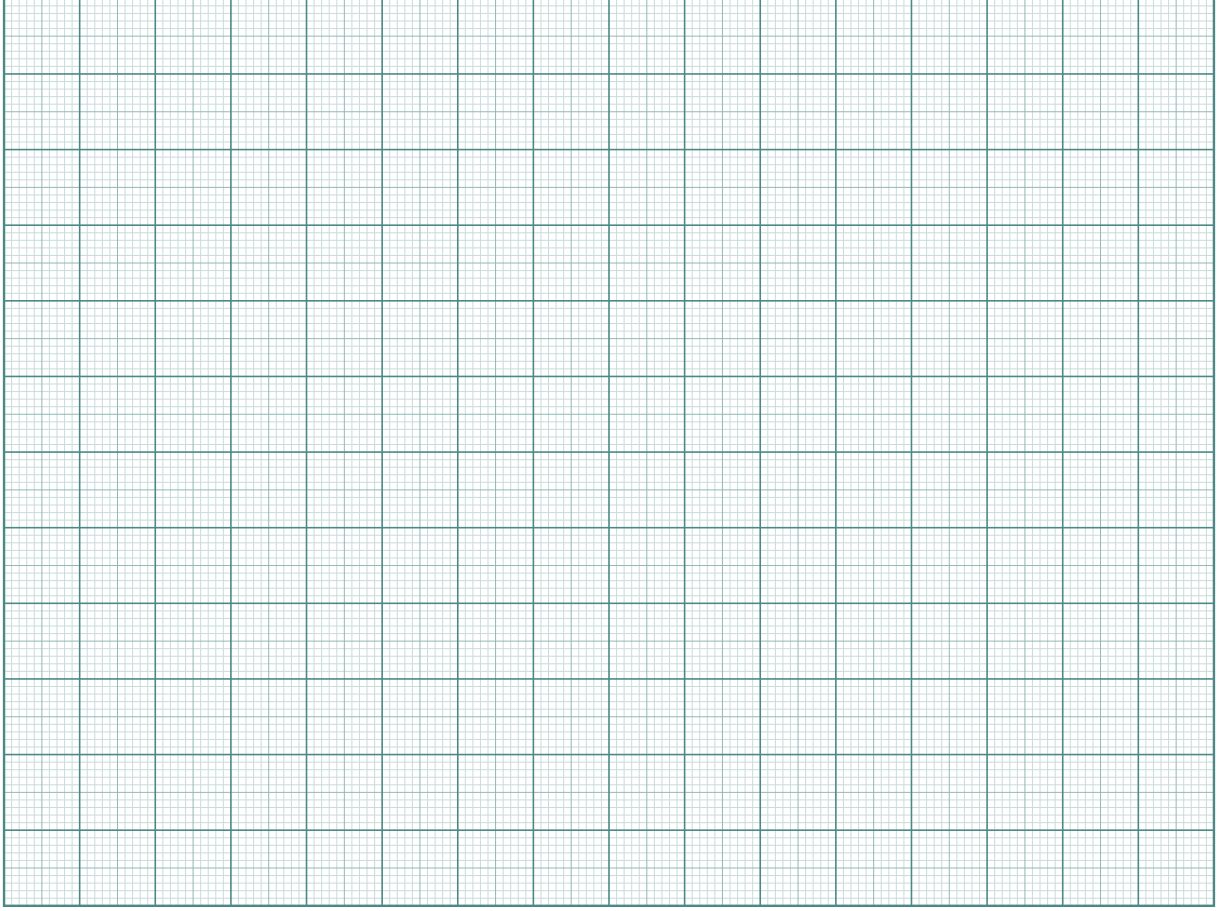
Ad Soyad	No	İmza

DENEY VERİLERİKaynak gerilimi $V_k =$ _____ V

Nokta	A	B	C	D	E	F	G
V (V)							

Eş potansiyel ve alan çizgilerinin haritası bir sonraki sayfadaki milimetrik kağıda çizilecektir (ölçek 1:2; kâğıdın 1 cm'si 5 mm).

Sorulara yanıtlar:

Grafik 5.1 · Eş potansiyel ve elektrik alan çizgileri (ölçek 1:2)*milimetrik, 1 kare = 1 mm · %100 ölçekte yazdırınız*

DENEY 6

Köprü Devreleriyle Ölçmeler



Sanal deney

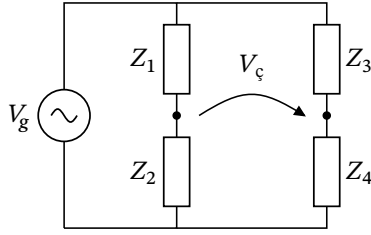
Deneyin amacı; Wheatstone köprüsüyle bilinmeyen bir direnci, sığa köprüsüyle bilinmeyen bir sığayı ölçmektir.

Kuram

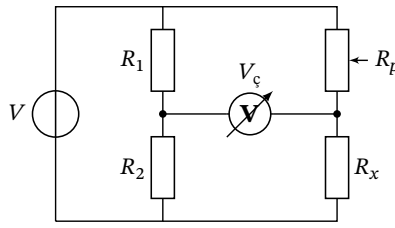
Köprü, Şekil 6.1'deki gibi dört empedanstan ($Z = V/I$) oluşan bir devredir. Besleme gerilimi V_g iki kola birlikte uygulanır; kolların orta noktaları arasındaki gerilim V_ϕ 'dir. Sol kolun orta noktasının gerilimi $V_g Z_2 / (Z_1 + Z_2)$, sağ kolunki $V_g Z_4 / (Z_3 + Z_4)$ olduğundan $V_\phi = 0$ koşulu

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_3}{Z_4} \quad (6.1)$$

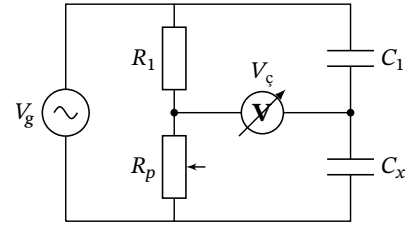
olur. Köprünün dengesi denen bu koşul, V_g 'den bağımsızdır; köprülerin en önemli özelliği budur. Köprüler bilinmeyen bir empedansı bilinenlerle karşılaştırarak ölçmek, bir empedanstaki küçük değişimi çıkış geriliminden izlemek ve bir işaretin frekansını belirlemek için kullanılır.



Şekil 6.1. Genel köprü.



Şekil 6.2. Wheatstone köprüsü.



Şekil 6.3. Sığa köprüsü.

Wheatstone Köprüsü

En basit köprüdür; bütün kollar dirençtir. Şekil 6.2'deki düzende (6.1) koşulu

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_p}{R_x} \implies R_x = R_p \frac{R_2}{R_1} \quad (6.2)$$

olur. R_p , köprüyü dengeye getirmek için ayarlanan dirençtir.

Sığa Köprüsü

Şekil 6.3'teki köprü alternatif gerilimle beslenir. Kondansatörün empedansı $1/(j\omega C)$ olduğundan (6.1) koşulu

$$\frac{R_1}{R_p} = \frac{1/(j\omega C_1)}{1/(j\omega C_x)} = \frac{C_x}{C_1} \implies C_x = C_1 \frac{R_1}{R_p} \quad (6.3)$$

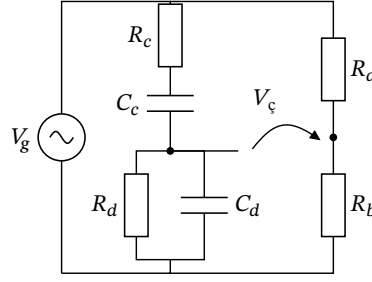
olur. Denge koşulu frekansı içermez.

Wien Köprüsü

Şekil 6.4'teki köprünün bir kolunda seri bağlı R_c - C_c , öbür kolunda paralel bağlı R_d - C_d bulunur. Dengenin gerçek ve sanal kısımlardan gelen iki koşulu

$$\frac{R_a}{R_b} = \frac{R_c}{R_d} + \frac{C_d}{C_c}, \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_c R_d C_c C_d}} \quad (6.4)$$

olup denge yalnız tek bir frekansta kurulur. Bu yüzden Wien köprüsü frekans ölçmek ve osilatörlerde frekans belirlemek için kullanılır. Bu deneyde Wien köprüsüyle ölçüm yapılmaz.



Şekil 6.4. Wien köprüsü.

Deneyin Yapılışı

Kullanılan Araç ve Gereçler

ED-1055 deney seti (DC çıkış, işaret üretici, 10 turlu 5 k Ω potansiyometre), VC97 multimetre, dirençler (430 Ω , 220 Ω , 3,3 k Ω ve değeri bilinmiyor sayılan R_x), 10 k Ω ayarlı direnç, kondansatörler (22 nF ve değeri bilinmiyor sayılan C_x), bağlantı kabloları.

A) Wheatstone Köprüsüyle Ölçmeler

- Devreyi kurmadan önce R_1 ve R_2 dirençlerini ohmmetreyle ölçünüz.
- Şekil 6.2'deki köprüyü kurunuz: R_1 ile R_2 bir kol; potansiyometrenin bir ucu ile orta ucu (R_p) ve R_x öbür kol. DC çıkıştan 3 V uygulayınız.
- Multimetreyi doğru gerilim konumunda kolların orta noktaları arasına bağlayınız. Multimetre en küçük değeri gösterene kadar potansiyometreyi ayarlayınız.
- Potansiyometrenin kablolarını sökerek kullandığınız iki ucu arasındaki direnci (R_p) ohmmetreyle ölçünüz. (6.2) bağıntısından R_x 'i hesaplayınız.
- Aynı işlemleri 5 V ve 7 V için tekrarlayınız.
- Deney sonunda R_x 'i ohmmetreyle doğrudan ölçünüz ve köprüyle bulduğunuz değerlerle karşılaştırınız.

B) Sığa Köprüsüyle Ölçmeler

- İşaret üreticini 5 V ve 100 Hz'e ayarlayınız. Şekil 6.3'teki köprüyü $R_1 = 3,3$ k Ω , $C_1 = 22$ nF ve 10 k Ω 'luk ayarlı direnç (R_p) ile kurunuz.
- Multimetreyi alternatif gerilim konumunda orta noktalar arasına bağlayınız ve en küçük değeri bulana kadar R_p 'yi ayarlayınız.
- Ayarlı direnci sökerek değerini ohmmetreyle ölçünüz ve (6.3) bağıntısından C_x 'i hesaplayınız.
- Ölçümü 150 Hz ve 200 Hz için tekrarlayınız.

Sorular

- Köprünün dengesi neden besleme geriliminden bağımsızdır? Ölçümlerinizi bunu gösteriyor mu?
- Sığa köprüsünde bulduğunuz R_p frekansla değişti mi? (6.3) bağıntısına göre değişmeli mi?
- Sığa köprüsünde multimetre dengede tam sıfırı göstermiyorsa bunun nedeni ne olabilir?

ELEKTRİK VE MANYETİZMA LABORATUVARI · DENEY PROTOKOLÜ**Deney 6: KÖPRÜ DEVRELERİYLE ÖLÇMELER**

Tarih: ____ / ____ / 20__

Grup No: _____

Ad Soyad	No	İmza

DENEY VERİLERİ**A) Wheatstone köprüsü** R_1 ölçülen = _____ Ω R_2 ölçülen = _____ Ω

Besleme gerilimi	3 V	5 V	7 V
R_p (Ω)			
$R_x = R_p R_2 / R_1$ (Ω)			

 R_x ortalaması = _____ Ω R_x , ohmmetreyle = _____ Ω % fark = _____**B) Sığa köprüsü** ($R_1 = 3,3 \text{ k}\Omega$, $C_1 = 22 \text{ nF}$, $V_g = 5 \text{ V}$)

Frekans	100 Hz	150 Hz	200 Hz
R_p ($\text{k}\Omega$)			
$C_x = C_1 R_1 / R_p$ (nF)			

 C_x ortalaması = _____ nF

Sorulara yanıtlar:

DENEY 7

Transformatörler

Sanal deney

Deneyin amacı; bir transformatörün yapısını ve çalışma ilkesini incelemek, sarım sayılarına bağlı olarak giriş ve çıkış gerilimleri ile akımları arasındaki ilişkiyi belirlemek ve transformatörün verimini bulmaktır.

Kuram

Transformatörler alternatif gerilimi yükseltmeye ya da düşürmeye yarayan araçlardır. Bir transformatör, birbirinden bağımsız en az iki sargıdan ve bu sargıların içinden geçen, kapalı bir manyetik devre oluşturan demir çekirdekten oluşur. Giriş sargısına *primer* (birincil), çıkış sargısına *sekonder* (ikincil) denir. Primere uygulanan alternatif akım çekirdekte değişen bir manyetik akı oluşturur ve bu akı, indüksiyon yoluyla sekonderde alternatif bir gerilim doğurur.

Primerin sarım sayısı N_1 , sekonderdeki N_2 ise N_2/N_1 oranına *dönüştürme oranı* denir. Enerji kaybı olmayan ideal bir transformatörde giriş ve çıkış güçleri eşittir: $V_1 i_1 = V_2 i_2$. Gerilimler sarım sayılarıyla doğru, akımlar ters orantılıdır:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{i_1}{i_2}. \quad (7.1)$$

$N_2/N_1 > 1$ ise transformatör yükseltici, $N_2/N_1 < 1$ ise düşürücüdür. Verim, çıkış gücünün giriş gücüne oranıdır:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2 i_2}{V_1 i_1}. \quad (7.2)$$

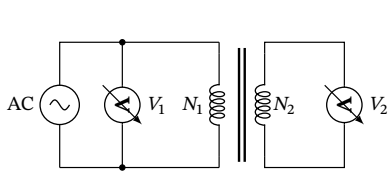
Gerçek Transformatör

Bu deneydeki transformatör, ayrı bobinlerin U ve I biçimli bir çekirdek üzerine takılmasıyla kurulur. Çekirdek parçaları arasındaki küçük aralıklar yüzünden primerin oluşturduğu akının bir kısmı sekonderden geçmez; iki sargının bağlaşımı bir $k < 1$ katsayısıyla anlatılır. Bu yüzden sekonderin açık devre gerilimi, (7.1) bağıntısının verdiği değer biraz altında kalır. Ayrıca primer, sekonder boşken bile çekirdeği mıknatıslamak için bir akım çeker.

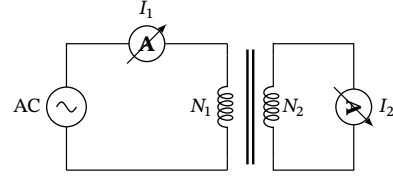
Föyün özgün yönteminde gerilimler sekonder boşken (açık devre, Şekil 7.1), akımlar ise sekonder ampermetreyle kısa devre edilmişken (Şekil 7.2) ölçülür. Bu iki ölçüm ayrı devrelerde yapıldığından $V_2 i_2$ çarpımı gerçek bir güç değildir; bu yöntemle hesaplanan oran, sarım oranından hemen bağımsız olarak yaklaşık k^2 çıkar. Transformatörün gerçek verimini bulmak için sekondere bir yük direnci bağlanır ve V_2 ile i_2 aynı devrede ölçülür (Şekil 7.3). Multimetreyle ölçülen $V \cdot i$ çarpımları akım ile gerilim arasındaki faz farkını hesaba katmaz; bulunan oran, gerçek verimin alt sınırıdır.

Deneyin Yapılışı**Kullanılan Araç ve Gereçler**

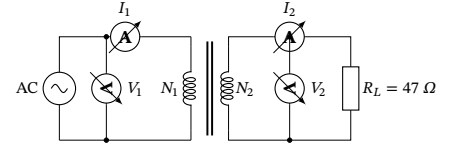
ED-1055 deney seti (AC çıkış), iki VC97 multimetre, 300, 600 ve 1200 sarımlı bobinler, U ve I biçimli demir çekirdek, 47 Ω yük direnci, bağlantı kabloları.



Şekil 7.1. Gerilim ölçmesi (sekonder boş).



Şekil 7.2. Akım ölçmesi (sekonder kısa devre).



Şekil 7.3. Yüklü ölçüm ($R_L = 47 \Omega$).

Voltmetreler devreye paralel, ampermetreler seri bağlanır. Akım ölçmesinde sekonder ampermetreyle kısa devre edildiğinden sekonder akımı büyüyebilir: multimetrenin mA girişi en çok 400 mA ölçer. Akım bu değere yaklaşıyorsa kaynağın gerilimini artırmayınız. Bağlantıları değiştirmeden önce kaynağı kapatınız.

- a) Transformatörü primeri 600, sekonderi 300 sarım olacak biçimde kurunuz. Primere AC kaynağı ve AC voltmetreyi, sekondere ikinci AC voltmetreyi bağlayınız (Şekil 7.1). Devreyi denetledikten sonra primere 3 V uygulayınız ve V_1 ile V_2 'yi protokole yazınız.
- b) Kaynağın ayarını değiştirmeden kaynağı kapatınız. Multimetreleri AC ampermetre olarak bağlayınız: birincisini primere seri, ikincisini sekonderin uçlarına (Şekil 7.2). Kaynağı açıp i_1 ile i_2 'yi yazınız. Sonra voltmetre bağlantısına dönünüz ve ölçümleri 6 V ile 9 V için tekrarlayınız.
- c) Primere dokunmadan sekonderi 1200 sarımlı bobinle değiştiriniz ve 1. ile 2. adımları tekrarlayınız.
- d) Primeri 1200, sekonderi 300 sarımlı bobinle kurup 1. ile 2. adımları tekrarlayınız.
- e) Her transformatör ve her gerilim için dönüştürme oranını, giriş ve çıkış güçlerini ve (7.2) bağıntısıyla oranı hesaplayınız. Her transformatör için üç ölçümün ortalamasını alınız. Bulduğunuz oranların neden birbirine yakın çıktığını yorumlayınız.
- f) 600/300 transformatörün sekonderine 47Ω 'luk yük direncini bağlayınız (Şekil 7.3). Primere 6 V uygulayıp V_1 , i_1 , V_2 ve i_2 'yi aynı devrede ölçünüz ve gerçek verimi hesaplayınız.

Sorular

1. 1.–4. adımlardaki yöntemle bulunan oran neden hemen her sarım oranında aynı çıkar?
2. Yüklü ölçümde bulduğunuz verim, 5. adımdaki oranlardan farklı mı? Neden?
3. Ölçtüğünüz V_2/V_1 oranlarını N_2/N_1 ile karşılaştırınız. Fark nereden gelir?

ELEKTRİK VE MANYETİZMA LABORATUVARI · DENEY PROTOKOLÜ**Deney 7: TRANSFORMATÖRLER**

Tarih: ____ / ____ / 20____

Grup No: _____

Ad Soyad	No	İmza

DENEY VERİLERİ

No	N_1	N_2	V_1 (V)	V_2 (V)	i_1 (mA)	i_2 (mA)	V_2/V_1	P_1 (W)	P_2 (W)	P_2/P_1
1	600	300								
2	600	300								
3	600	300								
Ortalama										
4	600	1200								
5	600	1200								
6	600	1200								
Ortalama										
7	1200	300								
8	1200	300								
9	1200	300								
Ortalama										

Yüklü ölçüm (600/300, $R_L = 47 \Omega$, primere 6 V)

V_1 (V)	i_1 (mA)	V_2 (V)	i_2 (mA)	P_1 (W)	P_2 (W)	η (%)

Sorulara yanıtlar: